



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

FRENOS ABS

Ricardo Enrique Soto Solares
Asesorado por el Ing: Byron Giovanni Palacios Colíndres

Guatemala, junio de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

FRENOS ABS

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

RICARDO ENRIQUE SOTO SOLARES

ASESORADO POR EL ING. BYRON PALACIOS COLÍNDRES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paíz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Arrivillaga Ramazzini
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

FRENOS ABS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el 7 de marzo de 2006.

Ricardo Enrique Soto Solares

GUATEMALA.
7 DE Marzo de 2,006

INGENIERO
FREDY MONRROY PERALTA
COORDINADOR ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
USAC

Ingeniero Monrroy:

Al referirme muy atentamente, al nombramiento que se me hiciera por parte de la Escuela a su cargo, con fecha 8 de agosto de 2,005, con relación al trabajo de graduación "FRENOS ABS", desarrollado por el estudiante universitario Ricardo Enrique Soto Solares, me permito informarle que dicho trabajo fue realizado bajo mi dirección, cumpliendo con los preceptos y normas académicas de nuestra casa de estudios.

Al concluir satisfactoriamente el trabajo por el señor Soto, y habiendo efectuado la revisión correspondiente, no me resta más que dar mi aprobación al referido trabajo para los efectos de graduación profesional en el campo de la Ingeniería Mecánica

Atentamente



BYRON GIOVANNI PALACIOS
INGENIERO MECANICO
Colegiado No. 5641

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

"Fidei, por ti Carolegia mi"
Dr. Carlos Martínez Durán
2006: Centenario de su Nacimiento

El Coordinador del Área Térmica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado, **FRENOS ABS** del estudiante, **Ricardo Enrique Soto Solares** recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAR A TODOS

Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
Coordinador de Área

Guatemala, mayo de 2006

/behdei.

AGRADECIMIENTO A:

Mis padres

Felipe Enrique Soto Urbina, por brindarme la oportunidad de estudiar y a la vez saber que cuento con su apoyo con respecto a las decisiones que tome y he tomado en mí vida.

María Elena Solares de Soto, por ser una buena amiga en los tiempos difíciles, y darme buenos consejos con respecto a la vida misma.

Mí hermana

Elena María Soto Solares, por ser una buena hermana y una buena confidente no sólo con aspectos relacionados con la carrera.

Mis tíos

Por siempre estar pendientes de mis avances como futuro profesional, y en especial por una persona que ya no se encuentra con nosotros, pero si lo estuviera estaría ahí conmigo brindándome todo su apoyo.

Mis primos

Debido a que se que siempre puedo contar con su apoyo incondicional y además su cariño. Y especialmente a mi primo Saúl Iván García por su ayuda en la hechura del presente trabajo de graduación.

Mí asesor

Ingeniero Byron Palacios por sus conocimientos, orientación y asesoría en el presente trabajo de graduación.

Mis maestros

José Luis Mazariegos, Telma Muñoz, Ricardo Gil, por su participación a la hora de hacerles saber mis intenciones de elaborar el presente trabajo de graduación.

Mis amigos

Por estar conmigo en las buenas y ayudarnos en las malas situaciones.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FACTORES Y FUERZAS QUE INTERVIENEN AL FRENAR UN VEHÍCULO	
1.1 Proceso de frenado	1
1.2 Inicio de frenado	2
1.3 Tiempo de respuesta	2
1.4 Duración del efecto umbral	3
1.5 Tiempo de frenado	3
1.6 Duración de efecto de frenado	3
1.7 Campo parcial de desaceleración	4
1.8 Principios físicos	4
1.9 Fuerza de rozamiento	6
2. HISTORIA DE LOS FRENOS ABS	
2.1 Sistema antibloqueo ABS	11
2.2 Exigencias que debe cumplir el ABS	12
2.3 Dinámica de la rueda frenada	15

2.4	Funcionamiento básico	16
2.4.1	Sistema controlado	17
2.4.2	Magnitudes de regulación	17
2.4.3	Magnitudes de regulación para ruedas sin tracción	19
2.4.4	Magnitudes de regulación para ruedas propulsadas	21
2.5	Ciclos de regulación típicos	23
2.5.1	Sobre una superficie con buena adherencia	23
2.5.2	Sobre superficie cubierta con hielo	25
2.6	Regulación de frenado con retardo de la formación del momento de torsión	27
2.6.1	Sistema GMA	29
3.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS CON RESPECTO A UN SISTEMA CONVENCIONAL	
3.1	Sistema de frenos convencional	31
3.1.1	Desventajas	31
3.1.2	Ventajas	32
3.2	Sistema de frenos ABS	33
3.2.1	Desventajas	33
3.2.2	Ventajas	34
4.	ESTABILIDAD EN CONDUCCIÓN	
4.1	Velocidad de referencia	37
4.2	Deslizamiento de las diferentes ruedas	37
4.3	Aceleraciones y desaceleraciones de las ruedas	38
4.4	Reconocimiento de la adherencia longitudinal neumático-suelo	38
4.5	Reconocimiento de las condiciones de rodaje	38

4.5.1 Viraje	39
4.6 Brake Assist System (BAS)	40
4.7 Electronic Brake Variation (EBV)	40
4.8 Servotronic	40
4.9 Electronic Brake Direction (EBD)	41
4.10 Electronic Traction System (ETS)	41
4.11 Traction Control System (TRACS)	42
4.12 Foward Dinamic Regulation (FDR)	43
4.13 Aceleration Control System (ASR)	43
4.13.1 Exigencias que debe cumplir el ASR	44
5. MANTENIMIENTO DE PRESIÓN	
5.1 Fases de presión que posee el sistema ABS	47
5.1.1 Aumento de la presión	48
5.1.2 Mantenimiento de la presión	49
5.1.3 Disminución de la presión	49
6. FUNCIONAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES QUE COMPONEN EL ABS	
6.1 Constitución del sistema ABS	51
6.2 Distribución del circuito de frenos	52
6.3 Funcionamiento hidráulico del sistema ABS	52
6.4 Formación de la presión	53
6.5 Dispositivos que conforman la unidad hidráulica	53
6.6 Electro válvulas	54
6.7 Conjunto motor-bomba	55
6.8 Bombines	55

6.9 Acumulador de baja presión	55
6.10 Bomba de recirculación	56
6.11 Detectores de rueda	57
6.12 Módulo control	59
7. DISPOSITIVO QUE AYUDAN EN EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL ABS	
7.1 Cajas de relés	61
7.2 Relé de la válvula	61
7.3 Relé del motor	61
7.4 Interruptor de luz de parada	62
7.5 Piloto ABS	62
7.6 Módulo de control transmisión automática	62
7.7 Conector de diagnóstico	63
7.8 Señal de switch de luz de freno	65
7.9 Sensor G	65
7.10 Sistema de tracción total	65
8. TIPOS DE FRENOS ABS SEGÚN SU APARICIÓN	
8.1 ABS 2S	67
8.1.1 Funcionamiento	67
8.2 ABS 5.0	70
8.2.1 Regulación	71
8.2.2 Control	72
8.2.3 Diagnóstico	73
8.3 ABS 5.3	73

9.	ESPECIFICACIÓN DEL LÍQUIDO DE FRENOS	
9.1	Punto de equilibrio de ebullición	75
9.2	Punto de ebullición húmedo	75
9.3	Viscosidad	76
9.4	Hinchazón de elastómeros	76
9.5	Estándares DOT del líquido de frenos	78
9.6	Líquido de frenos usados en el sistema ABS	80
10.	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE FRENOS ABS	
10.1	Correcto mantenimiento	81
11.	FORMA DE PROBAR LOS DISPOSITIVOS QUE INTEGRAN EL SISTEMA ABS	
	Automóviles de estudio	
11.1	BMW 540I	85
11.2	HONDA CIVIC 1.6 (DOHC)	101
11.3	CHEVROLET OMEGA	111
12.	EQUIPO ESPECIAL PARA TRABAJAR EL SISTEMA DE FRENOS ABS	
12.1	Manual indicado por el fabricante	123
12.2	Osciloscopio	124
12.3	Multímetro	124
12.4	Escáner	125

12.5 Torquímetro	125
12.6 Manómetro	125
12.7 Equipo eléctrico de purga	126
12.8 Equipo neumático de purga	126
CONCLUSIONES	129
RECOMENDACIONES	131
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	133
BIBLIOGRAFÍA	135

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Desaceleración durante el proceso de frenado	1
2. Determinación de la fuerza de frenado	2
3. Comportamiento de la fuerza de los neumáticos	5
4. Movimiento de rodadura de la rueda	5
5. Comportamiento de las ruedas al rodar por cuevas	5
6. Distribución de frecuencias del coeficiente estático	5
7. Desarrollo y evolución de los sistemas ABS	11
8. Coeficiente de fricción estática en dependencia del deslizamiento	15
9. Coeficiente de fricción estática y la inclinación del pivotamiento	15
10. Circuito de regulación ABS	19
11. Proceso de frenado simplificado	20
12. Proceso de frenado para una rueda sin tracción	22
13. Regulación de frenado con altos coeficientes de regulación estática	23
14. Regulación de frenado con bajos coeficientes de regulación estática	26
15. Formación del momento de torsión	28
16. Desarrollo de la presión de frenado	29
17. Comportamiento del frenado en la curva con/sin GMA	30
18. Sistema de frenos convencional	31
19. Sistema de frenos ABS	33
20. Unidades funcionales de la regulación antideslizante	45
21. Modulación de la presión de frenado	47
22. Constitución del sistema ABS	51

23. Grupo hidráulico	54
24. Circuito hidráulico del sistema ABS	56
25. Captador de rueda A	57
26. Captador de rueda B	58
27. Componentes del captador de rueda	58
28. Sensor de revoluciones	59
29. Sistema de tracción total	66
30. Vehículo de turismo con ABS 2S	69
31. Comparación de los sistemas ABS	71
32. Fases de temperatura de ebullición del líquido de frenos	78
33. Comprobación de resistencia ABS5.0/TCS	88
34. Comprobación de la tensión ABS5.0/TCS	88
35. Comprobación de la forma de la onda delantera ABS5.0/TCS	90
36. Comprobación del funcionamiento del relé ABS5.0/TCS	91
37. Comprobación de la tensión de alimentación ABS5.0/TCS	91
38. Ubicación de los diferentes componentes ABS en BMW 540I	97
39. Diagrama de conexión eléctrica ABS5.0/TCS	97
40. Comprobación de tensión ABS5.3	102
41. Comprobación de la onda ABS5.3	102
42. Comprobación de entrehierro ABS5.3	104
43. Ubicación de los diferentes componentes ABS en HONDA CIVIC	110
44. Comprobación de la tensión ABS5.3/TCS	115
45. Comprobación de la resistencia del motor de bomba ABS5.3/TCS	117
46. Comprobación del funcionamiento del motor de bomba ABS5.3/TCS	118
47. Ubicación de los diferentes componentes ABS en CHEVROLET	120

TABLAS

I. Coeficiente de rozamiento según las condiciones de la carretera	7
II. Comparación de un sistema ABS con un convencional	34
III. Lista de códigos de avería	64
IV. Punto de ebullición de los diferentes tipos de líquido de frenos	79
BMW540I	
V. Resistencia del tensor de velocidad	87
VI. Tensión del sensor de velocidad	89
VII. Comprobación de la tensión de alimentación	92
VIIa. Comprobación de la tensión de alimentación	92
VIII. Comprobación de conexión a Tierra	93
IX. Comprobación de electro válvulas	94
X. Comprobación de electro válvulas de control de tracción	94
XI. Comprobación de resistencia sensor de posición de mariposa	95
XII. Comprobación de resistencia motor de mariposa	95
XIII. Comprobación “interruptor principal de control de tracción”	95
HONDA CIVIC 1.6 (DOHC)	
XIV. Código de averías	103
XV. Comprobación de la resistencia delantera	105
XVI. Comprobación de la resistencia trasera	105
XVII. Comprobación de la tensión delantera y trasera	106
XVIII. Comprobación de la forma de onda delantera y trasera	107
XIX. Comprobación de la tensión de alimentación	108
XX. Comprobación de la conexión a Tierra	108
CHEVROLET OMEGA	
XXI. Comprobación de la resistencia delantera y trasera	112
XXII. Códigos de avería	113
XXIII. Comprobación de tensión delantera y trasera	114

XXIV.	Comprobación de la forma de onda delantera y trasera	114
XXV.	Datos técnicos sobre terminales en relación a su estado y tensión	116
XXVI.	Comprobación de la conexión a masa	116
XXVIa.	Comprobación de la conexión a masa	117
XXVII.	Comprobación de la resistencia de los diferentes tipos de frenos ABS BOSCH	121
XXVIII	Comprobación de la resistencia de los diferentes tipos de frenos ABS BOSCH	121
XXIX	Comprobación de forma de onda de los diferentes tipos de frenos ABS BOSCH	121
XXX	Tiempo de destello del testigo en el proceso de poner la llave en posición on	121
XXXI	Comprobación de par torsor entrehierros de los diferentes tipos de frenos ABS BOSCH	122

GLOSARIO

Adherencia	Capacidad de la unión entre cuerpos.
Algoritmo	Descomposición en pasos u operaciones elementales para su resolución óptima.
Alternador	Mecanismo que transforma la energía mecánica en energía eléctrica.
Anomalía	Discrepancia de una regla.
Axial	Perteneciente o relativo al eje.
Bombin	Bomba de freno, pero no es la principal, son secundarias, las cuales están ubicadas en cada llanta.
Calzada ondulada	Una ruta con muchas curvas que en su mayoría son en forma de S.
Colector de admisión	Son aquellos conductos que canalizan los gases de entrada a los cilindros de un motor de combustión interna.
Conmutar	Trocar, cambiar de posición.
Derrape	Acción de patinar desviándose lateralmente de la dirección que llevaba.
Diafragma	Separación movable que intercepta la comunicación entre dos partes de una máquina.
Émbolo	Pieza cilíndrica o discoidal ajustada a un cilindro por el que se desliza con movimiento oscilatorio.

Embragar	Hacer que un eje participe del movimiento de otro por medio de un mecanismo adecuado.
Estabilidad	Propiedad por la cual un vehículo tiende a recuperar su posición de equilibrio.
Fricción	Fuerza que se opone al movimiento.
Híbrido	Todo producto compuesto de elementos de distinta naturaleza.
Higroscopicidad	Propiedad de algunas sustancias de absorber y exhalar la humedad según el medio en que se encuentran.
Impeler	Incitar, estimular.
Impulso	Producto de la intensidad de una fuerza por su tiempo de duración.
Inducción	Producción de una fuerza electromotriz en un conductor por influencia de un campo magnético.
Inercia	Propiedad de la materia por la cual un cuerpo tiende a permanecer en su estado de reposo.
Maniobrabilidad	Acción que se lleva a cabo con habilidad para conseguir un determinado fin.
Mermar	Bajar o disminuir una propiedad.
Óptimo	Se dice de aquello que no se puede mejorar.
Periferia	Espacio que rodea un núcleo cualquiera.
Perpendicular	Toda recta o plano que corta a otra recta o plano con un ángulo de noventa grados.
Potencia	Capacidad para ejecutar un trabajo en un lapso de tiempo.
Presostato	Dispositivo que permite mantener constante la presión de un elemento que transite en un circuito.

Purga	Sacar el aire presente en el circuito de frenos, donde el último sólo debe contener el líquido de frenos para una óptima eficiencia del sistema y una mayor seguridad.
Ralenti	Estado donde se atiende solamente la proporción de la mezcla necesaria para que el motor pueda mantener la marcha lenta.
Resonancia	Fenómeno que se produce al coincidir la frecuencia propia de un sistema mecánico, eléctrico, etc., con la frecuencia de una excitación externa.
Retroimpulsado	Propulsión aplicada en sentido contrario a la velocidad para hacerla disminuir.
Rozamiento	Resistencia que se opone a la rotación o al deslizamiento.
Sensor	Sistema capaz de percibir una señal.
Servofreno	Freno accionado por la energía del propio automóvil.
Servomotor	Motor que acciona los elementos mecánicos en los servomecanismos.
Simetría	Proporción adecuada de las partes de un todo.
Solenoides	Bobina cilíndrica de hilo conductor arrollado de manera que la corriente eléctrica produzca un intenso campo magnético.
Tracción delantera	Las ruedas impulsoras del vehículo son las delanteras.
Tracción trasera	Las ruedas impulsoras del vehículo son las traseras.
Transición	Acción y efecto de pasar de un modo a otro modo completamente distinto.
Umbral	Valor mínimo de una magnitud a partir del cual se produce un efecto determinado.

Válvula Dispositivo mecánico que controla y regula el paso de un elemento por un conducto.

Válvula de mariposa Controla el paso de aire con lo cual se puede conseguir diversos estados de presión y el motor podrá funcionar a diferentes regímenes.

Componentes del sistema de frenos ABS

ABSCM Control de modulación para el sistema de frenos ABS.

FMEA Análisis de influencia y posibilidad de fallos.

BAS Sistema de freno asistido.

EBV Sistema de freno de variación electrónica.

EBD Freno electrónico dirigido.

ETS Sistema de tracción electrónica.

TRACS Sistema control de tracción

DSA Sistema antiderrape.

FDR Regulación de la dinámica de marcha.

ASR Regulación antideslizante de aceleración

RESUMEN

Conforme pasa el tiempo los automóviles poseen más potencia, la cual tenemos que contener con un sistema de frenos cada vez más complejo.

La creación del sistema de frenos ABS nace con el objetivo de hacer los automóviles más seguros y confiables en casos extremos. Se ha demostrado que el sistema es tan seguro que en algunos países se ha vuelto obligatorio el uso de éste, en todos los automóviles que transiten por sus carreteras.

Junto al sistema ABS viene un conjunto de instrumentos que ayudará a que la conducción del vehículo sea cada vez más segura, éstos varían respecto a los requerimientos que deba de cumplir el automóvil.

Conforme pasa el tiempo los sistemas de frenos ABS siguen evolucionando, para que el conjunto conductor-vehículo sea cada vez más eficiente y por ende menos frecuente la pérdida de control del vehículo.

OBJETIVOS

General

El propósito del presente trabajo de graduación es brindar a estudiantes de Ingeniería Mecánica y a Técnicos en Mecánica un instrumento de apoyo que les permita conocer la teoría del funcionamiento del sistema antibloqueo de frenos. Que al ponerlo en práctica contribuya a reconocerlo, darle mantenimiento y si es posible poder repararlo cuando lo amerite.

Específicos

1. Proporcionar una guía de conocimiento del sistema de frenos ABS.
2. Describir el sistema de frenos ABS y sus principios de funcionamiento.
3. Detallar brevemente la historia de los frenos ABS.
4. Mencionar el equipo especial que se requiere para trabajar y/o darle mantenimiento al sistema de frenos ABS.
5. Dar a conocer el sistema de mantenimiento que recomienda la compañía que desarrollo éste.
6. Demostrar que un sistema convencional de frenos se puede convertir en un sistema de frenos ABS.

INTRODUCCIÓN

El automóvil ha sido una invención que ha permitido establecer comunicaciones a pequeñas y grandes distancias en países desarrollados y aún en países en vías de desarrollo.

En este trabajo de graduación vamos a tratar de un mecanismo de seguridad que desde el principio los automóviles lo han tenido el cual es el sistema de frenos, donde nos referiremos específicamente al sistema de frenos ABS por ser el más efectivo y el más moderno, tanto así que las leyes de Europa lo han adoptado como una medida de seguridad obligatoria en los automóviles que circulen en este continente.

Se tienen diferentes tipos de sistemas ABS debido a que existe una gran variedad de automóviles que van desde lujosas limosinas, automóviles particulares, autos de transporte, autos de guerra, entre otros, y además que el sistema ABS cada vez sigue evolucionando junto con la mecánica automotriz, que es hacia donde está orientado dicho sistema.

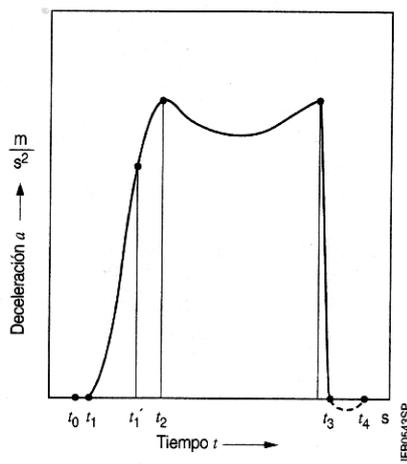
1. FACTORES Y FUERZAS QUE INTERVIENEN A LA HORA DE FRENAR UN VEHÍCULO

1.1 Proceso de frenado

Según la definición de la norma, el término proceso de frenado abarca todos los procesos comprendidos entre el momento que se actúa sobre el dispositivo de accionamiento de los frenos y el final de frenado. El proceso de frenado se caracteriza por dos fases diferentes (figura1).

Figura 1 Deceleración durante el proceso de frenado

- t_0 Comienzo del frenado,
- $t_1 - t_0$ Duración de respuesta,
- $t_1' - t_1$ Duración de amplificación del frenado,
- $t_1' - t_0$ Duración de respuesta y duración de amplificación del frenado,
- $t_3 - t_2$ Margen parcial de la "deceleración total media",
- $t_4 - t_0$ Duración del frenado,
- $t_4 - t_1$ Duración del efecto de frenado.



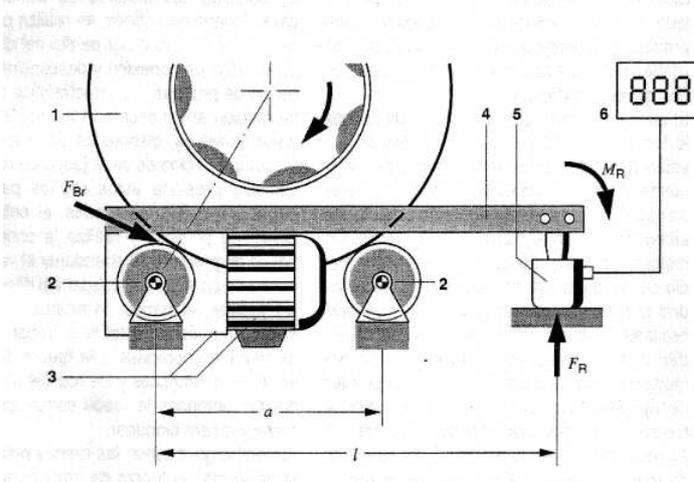
Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

1.2 Inicio de frenado

Inicio del movimiento de la pieza del dispositivo de accionamiento sobre el cual actúa la fuerza de accionamiento.

Figura 2 Determinación de la fuerza de frenado

Por medición del momento de reacción M_R .
1 Neumáticos del vehículo, 2 Par de rodillos con distancia a , 3 Motor con caja de engranajes,
4 Palanca del par de giro con longitud l , 5 Sensor del valor de medición, 6 Aparato indicador.



Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

1.3 Tiempo de respuesta

Tiempo transcurrido desde el comienzo del movimiento de la pieza del dispositivo de accionamiento sobre la cual actúa la fuerza de accionamiento, hasta que se produce la fuerza de frenado.

1.4 Duración de efecto umbral

Tiempo que transcurre desde que se produce la fuerza de frenado hasta alcanzar un valor determinado (corresponde a un 75 % de presión de frenado).

1.5 Tiempo de frenado

Tiempo que transcurre desde el comienzo del movimiento de la pieza del dispositivo de accionamiento, sobre la cual actúa la fuerza de accionamiento, hasta que desaparece la fuerza de frenado (En el sistema ABS el tiempo de respuesta es más corto que en un sistema convencional).

1.6 Duración de efecto de frenado

Tiempo que transcurre desde que se representa la fuerza de frenado, hasta en el momento en que desaparece. Al detenerse el vehículo por el mantenimiento de la fuerza de frenado, el comienzo de la parada representa entonces el final del efecto de frenado.

1.7 Campo parcial de la desaceleración

Valor medio de la desaceleración en un intervalo parcial de la desaceleración totalmente desarrollada.

1.8 Principios físicos

Todo cuerpo tiende a permanecer en su posición de reposo o bien a conservar su estado de movimiento. A fin de modificar el estado respectivo, es necesario utilizar o transmitir una determinada fuerza.

Las fuerzas que actúan sobre un vehículo en movimiento son:

- La fuerza de gravedad.
- La fuerza de viento atmosférico (resistencia al aire).
- La fuerza de los neumáticos (resistencia a la rodadura).

Sólo mediante la fuerza de los neumáticos puede obtenerse objetivamente un movimiento determinado, o la modificación del movimiento, la fuerza de los neumáticos se componen de:

- La fuerza periférica F_U debido a la impulsión.
- La fuerza lateral F_S debida a la dirección.
- La fuerza normal F_N debida al peso del vehículo.

Figura 3 Componentes de la fuerza de los neumáticos

F_N Fuerza normal,
 F_U Fuerza tangencial (positiva: fuerza impulsora,
 negativa: fuerza del frenado),
 F_S Fuerza lateral.

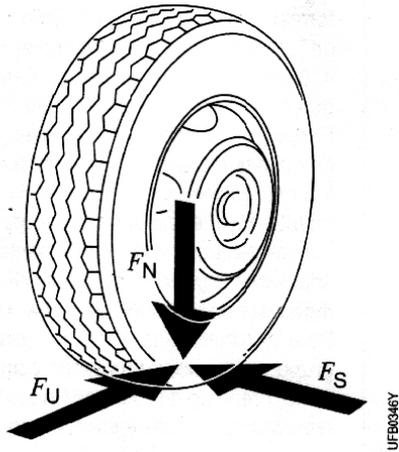


Figura 4 Movimiento de rodadura de la rueda

a Rueda rodando libremente, **b** Rueda frenada.
 v_F Velocidad del vehículo en el centro de la rueda M ,
 v_U Velocidad tangencial de la rueda.
 Con la rueda frenada el ángulo de giro φ será menor por cada unidad de tiempo (Deslizamiento).

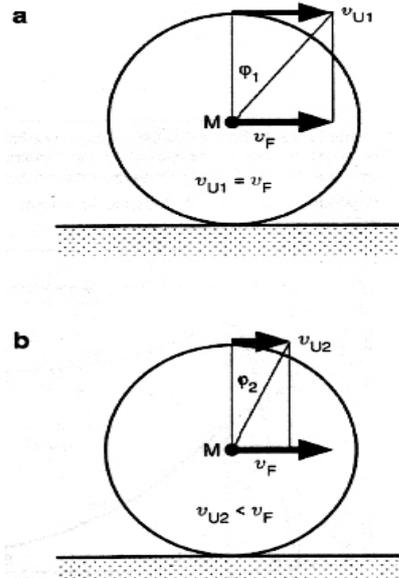


Figura 5 Distribución de frecuencias del coeficiente de fricción estática en una rueda bloqueada, a diferentes velocidades, sobre calzada mojada

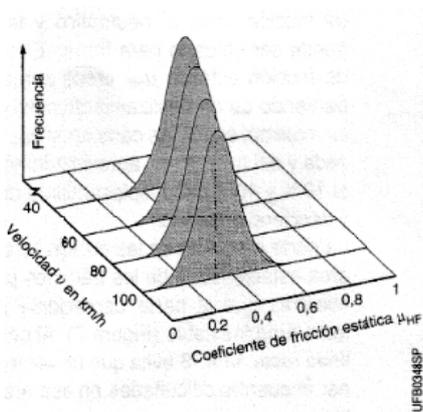
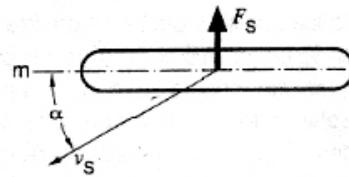


Figura 6 Comportamiento de las ruedas al rodar por curvas

α Inclinación de pivotamiento, F_S Fuerza lateral,
 v_S Velocidad del punto de gravedad de la rueda,
 m Plano medio de la rueda.



Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

La fuerza periférica F_U actúa sobre el plano de la carretera, permitiendo al conductor acelerar el vehículo y desacelerarlo hasta frenarlo. La fuerza lateral F_S perpendicular a F_U , transmite el movimiento de la dirección a la carretera, ocasionando así la marcha en la curva. La fuerza normal F_N se determina mediante el peso del vehículo y la carga del mismo, es decir que es componente del peso que actúa perpendicularmente sobre la carretera. La medida en que las fuerzas ejerzan su efecto verdaderamente dependen del estado de la carretera, de los neumáticos y de las condiciones climáticas, es decir de la fuerza de rozamiento entre el neumático y la superficie de la carretera.

El sistema de seguridad ABS (sistema antibloqueo) y su sub-sistema ASR (regulación de deslizamiento) aprovechan de manera óptima la posibilidad que ofrece el rozamiento y arrastre de la fuerza.

1.9 Fuerza de rozamiento

El valor de la fuerza de rozamiento F_R es proporcional a la fuerza normal F_N .

$$F_R = \mu_B * F_N$$

El factor μ_B representa el coeficiente de la fuerza de frenado o sea el coeficiente de rozamiento o el coeficiente de arrastre de fuerza. Caracteriza la propiedad de los diferentes pares de materiales de neumático/carretera y todos los demás efectos a los cuales están sometidos. Por lo tanto el coeficiente de la fuerza de frenado constituye una medida para la fuerza de frenado que puede transmitirse. Para los neumáticos de los vehículos, el coeficiente de la fuerza

de frenado alcanza los máximos valores sobre la carretera seca y limpia, en tanto que los más bajos se registran sobre el hielo a agua. Otro medio como la suciedad y aceite disminuyen el coeficiente de la fuerza de frenado.

Tabla I Coeficiente de rozamiento según las condiciones de la carretera

Carretera	μ_B
Seca	0.8 a 1.0
Húmeda	0.2 a 0.65
Helada	0.05 a 0.10

2. HISTORIA DEL SISTEMA DE FRENOS ABS

Los sistemas de freno anti-bloqueo ABS han sido reconocidos por los líderes de la industria y el gobierno como uno de los avances en seguridad más importantes en la ingeniería automotriz moderna. Sin embargo, la tecnología no puede reemplazar el conducir responsablemente.

En este año se celebraría el 27 aniversario del sistema antibloqueo de frenos ABS, un elemento de seguridad que a lo largo de estos años ha demostrado su eficacia a la hora de salvar vidas en las carreteras.

Robert Bosch ha sido una compañía pionera a la hora de generalizar la utilización del ABS, un mecanismo que impide que las ruedas se bloqueen durante la frenada en seco para mantener así la capacidad de maniobra del vehículo incluso en situaciones límite.

Esto facilita al conductor el poder detener el automóvil con más seguridad, ya que, según explica Wolfgang Drees, miembro de la alta gerencia de Bosch: *“Este sistema mejora la estabilidad de marcha y acorta siempre la distancia de frenado”*

27 años de seguridad ABS, la producción en serie del ABS de Bosch se inició en 1978, primero para los turismos de la Clase S de Mercedes y poco después también se empezó a usar en la Serie 7 de BMW.

A partir de esta fecha, este sistema se ha seguido mejorando con sucesivas generaciones. Apareciendo el primer sistema ABS fabricado en serie, el ABS 2S, en 1978, añadía un regulador híbrido directamente al grupo hidráulico, uno de los componentes principales del mecanismo. También se redujo significativamente el peso del sistema.

Más adelante, en las versiones 5.0, 5.3 y 5.7 (ABS/ABD5) se fueron incorporando funciones adicionales, como la distribución electrónica de la fuerza de frenado y se redujo aun más el peso del sistema, dependiendo de los conceptos electrónicos de la época del surgimiento de cada versión, cada vez era mucho más completo el sistema de ABS.

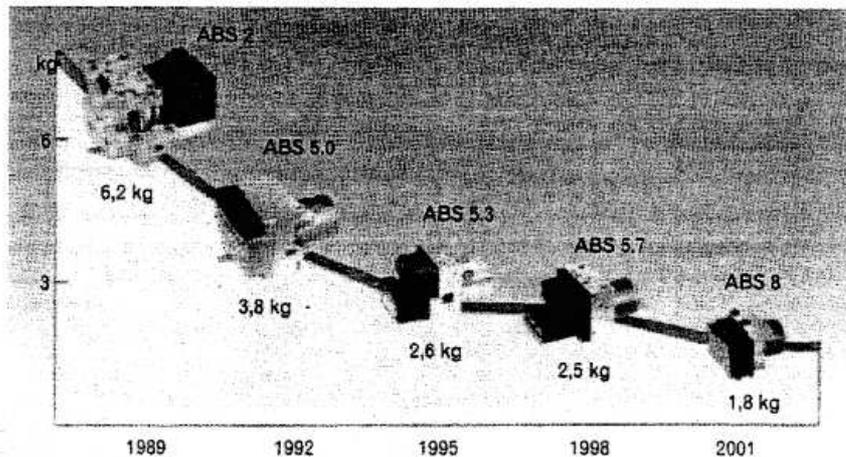
La última generación, el ABS 8, apareció en 2001 y se caracteriza por una construcción modular, con lo que los diferentes grados de complejidad del sistema regulador de frenado (ABS, ASR ó ABD y ETS), se pueden fabricar de forma muy similar.

Y es que, sobre la base del ABS se han desarrollado otras funciones, como el sistema regulador de tracción (ASR ó ABD), que impide el patinaje de las ruedas al acelerar, o el Programa de Estabilidad Electrónico (ETS), que mejora la estabilidad del vehículo no sólo al frenar y acelerar, sino en todas las situaciones de marcha. Si el vehículo tiende a derrapar, el ETS reducirá la potencia del motor a la vez que irá frenando adicionalmente cada rueda.

Así, el uso generalizado del ABS ha contribuido a mejorar la seguridad en nuestras carreteras y hoy en día dos tercios de los vehículos nuevos cuentan ya con este elemento y en más del 90% de camiones de peso ligero vendidos en Norteamérica.

De hecho, a medio plazo no habrá ningún automóvil de nueva matriculación en Europa sin ABS ya que la asociación de fabricantes europeos de automoción se ha comprometido a que todos los vehículos que se vendan a partir de mediados del año 2004 sean equipados con este sistema.

Figura 7 Desarrollo y evolución de los sistemas ABS



Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

2.1 Sistema antibloqueo (ABS)

El desarrollo en el campo de los frenos para automóviles llevó a instalaciones de freno de buen rendimiento y seguras, capaces de poder desacelerar de la mejor forma posible a los automotores, incluso a elevadas velocidades. De esta manera se puede frenar de forma segura y rápida un vehículo en la circulación normal o detenerlo completamente. En situaciones críticas de conducción.

Antes de que existieran los frenos ABS se le enseñaba a los conductores a frenar en superficies resbaladizas pisando y soltando el pedal del freno constantemente para evitar que el vehículo se derrapara. Con los frenos ABS no es necesario realizar esta operación, de hecho, en cualquier situación de emergencia con frenos ABS sólo se requiere pisar el pedal a fondo y prepararse para maniobrar el vehículo con el freno, debido a que el sistema ABS bombea automáticamente a una frecuencia de más de 18 veces por segundo cada vez

que el sensor de rueda detecta en inicio de bloqueo de una llanta, por eso al entrar el sistema ABS en funcionamiento se sienten unas leves pulsaciones en el pedal que son totalmente normales.

Pueden llegar a bloquearse las ruedas durante el frenado, con lo cual el vehículo pierde la capacidad de maniobrabilidad, pudiendo derrapar y/o salirse de la carretera. En una situación tal, actúa el sistema antibloqueo (ABS). El sistema reconoce anticipadamente la tendencia de bloqueo de una o más llantas y procura instantáneamente que la presión de frenado se mantenga constante o se disminuya. El vehículo obedece a la dirección permanece estable y se frena en forma óptima.

Hay dos clases de frenos anti-bloqueo: en las cuatro ruedas y en las ruedas traseras. El sistema ABS en las cuatro ruedas se instala en automóviles de pasajeros y en algunos camiones de peso ligero, y ha sido diseñado para ayudar a controlar el vehículo y darle más estabilidad durante situaciones de paro de emergencia. El sistema de frenos ABS en las ruedas traseras se instala exclusivamente en camiones de peso ligero y está diseñado para evitar el bloqueo de las ruedas traseras a fin de que el vehículo no patine lateralmente.

2.2 Exigencias que debe cumplir el sistema ABS

El ABS debe cumplir exigencias muy amplias, especialmente todas las exigencias de seguridad de la dinámica de frenado y de la técnica de los equipos de freno:

- La regulación de frenado debe asegurar la estabilidad y maniobrabilidad bajo todas las condiciones de la superficie donde se transite.
- El ABS debe aprovechar el máximo coeficiente de fricción estática entre las ruedas y la superficie al frenar, teniendo prioridad la estabilidad de marcha y la maniobrabilidad frente a la disminución de la distancia de frenado. En ello no debe interesar si el conductor pisa abruptamente el pedal de freno o si aumenta progresivamente la presión de frenado hasta llegar al límite de bloqueo.
- La regulación de frenado debe trabajar en todo el margen de velocidad del vehículo, hasta la velocidad peatonal. Si las llantas bloquean a esa baja velocidad, el recorrido restante del vehículo hasta detenerse no es crítico.
- La regulación de frenado debe adaptarse rápidamente a los cambios de adherencia de la calzada para que no merme la estabilidad de marcha y/o maniobrabilidad. Por otro lado se debe aprovechar al máximo la fricción sobre la parte en mejor estado de la calzada.
- Al frenar sobre una superficie desigual, se deben incrementar lentamente, los inevitables momentos de torsión (pares de giro alrededor del eje vertical del vehículo, que tratan de cruzar al vehículo sobre la calzada), para que cualquier conductor pueda contrarrestarlos fácilmente con la dirección.
- En la curva, el vehículo debe mantenerse estable y maniobrable al frenar y realizar en lo posible un recorrido de frenado corto, mientras que la velocidad del vehículo este suficientemente por debajo de la velocidad límite de la curva (se entiende por la

velocidad del vehículo con la que puede transitar justamente sin tracción una curva de radio dado, sin salirse de la calzada).

- También sobre calzada ondulada, con cualquier intensidad de frenado, tiene validez la exigencia de estabilidad de marcha, maniobrabilidad y el mejor frenado posible.
- La regulación de frenado debe reconocer la flotación de las ruedas sobre una superficie cubierta de agua y reaccionar frente a ello apropiadamente. Se debe mantener la estabilidad y la marcha en línea recta del vehículo.
- La adaptación de histéresis de frenado y a las influencias del motor (si se frena con una marcha embregada) debe suceder lo más velozmente posible.
- Se debe evitar un sobre balanceo del vehículo por oscilaciones.
- Un circuito de control debe controlar continuamente el funcionamiento sin fallos del ABS. Si se reconoce un fallo que podría influir en el comportamiento de frenado, desconecta el ABS. Una lámpara de información (Piloto ABS) indica al conductor que esta disponible solo la instalación básica de freno, sin el ABS.

2.3 Dinámica de la rueda frenada

Las figuras 1 y 2 muestran las dependencias físicas en proceso de frenado con ABS, en donde las áreas de regulación de ABS están marcadas en rayado.

Por el desarrollo (figura 1) de las curvas 1(seco), 2 (mojado), 4(superficie con hielo) es evidente que, con el ABS se logran distancias más cortas que con un frenado a fondo con ruedas bloqueadas (deslizamiento de frenado $\lambda=100\%$). En la curva 3 (nieve) procura una acumulación de nieve delante de las ruedas un efecto adicional de frenado con las llantas bloqueadas; aquí estriba la ventaja del sistema ABS en el mantenimiento de la estabilidad de marcha y maniobrabilidad.

Figura 8 Coeficiente de fricción estática en dependencia del deslizamiento

1 Neumáticos radiales sobre hormigón seco, 2 Neumáticos de invierno diagonales sobre asfalto mojado, 3 Neumáticos radiales sobre nieve suelta, 4 Neumáticos radiales sobre superficie con hielo mojada.
Superficies marcadas en rayado: Área de regulación ABS.

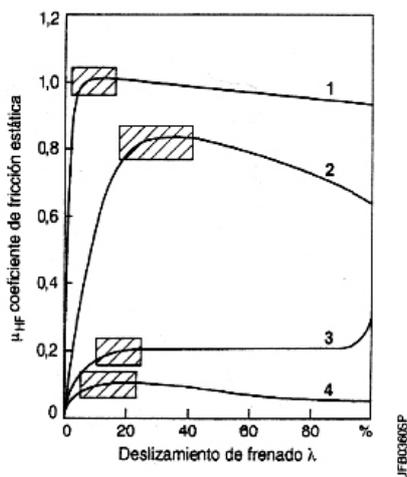
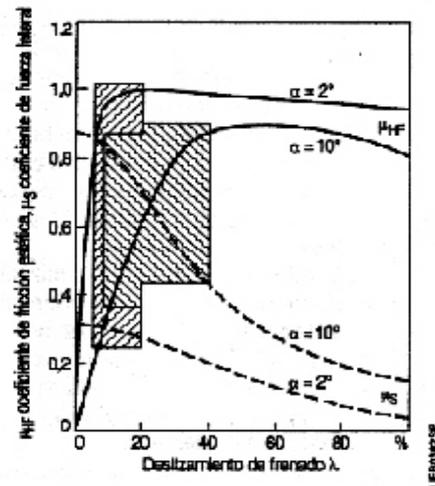


Figura 9 Coeficiente de fricción estática y coeficiente de fuerza lateral en dependencia del deslizamiento y la inclinación de pivotamiento.

μ_{HF} Coeficiente de fricción estática,
 μ_S Coeficiente de fuerza lateral,
 α Inclinación de pivotamiento.
Superficies marcadas en rayado: Área de regulación ABS.



Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

Como muestran ambas curvas para el coeficiente de fricción estática (μ_{HF}) y para el coeficiente lateral (μ_S) en la figura 2, se debe ampliar el área de regulación del ABS para la inclinación del pivotamiento mayor $\alpha=10^\circ$ (es decir mayor fuerza lateral como consecuencia de mayor aceleración transversal del vehículo) en comparación a la inclinación de pivotamiento $\alpha=2^\circ$. Si se frena a fondo en una curva con gran aceleración transversal, el ABS actúa anticipadamente. En la medida que se reduce la velocidad de frenado en la curva y con ello la aceleración transversal, el ABS permite valores de deslizamiento cada vez mayores, con lo que aumenta la desaceleración mientras disminuye el coeficiente de fuerza lateral en correspondencia con la disminución de la aceleración transversal.

En el frenado en la curvas crecen tan rápidamente las fuerzas de frenado, que el recorrido total de frenado es solamente un poco más largo que el de un frenado en línea recta, bajo las mismas condiciones.

2.4 Funcionamiento Básico

Cuando damos a la llave de contacto, se enciende el piloto ABS y se apaga cuando se pone en marcha (la información la da el principio de la carga del alternador). El dispositivo antibloqueo entra en acción a unos 3 Kilómetros por hora aproximadamente, mientras que se auto controla a unos 6 Kilómetros por hora con excepción de los sensores de ruedas, que se controlan a 12 Kilómetros por hora aproximadamente. En caso que se detecte alguna anomalía, se enciende el piloto ABS y el frenado pasa a la modalidad clásica. Los sensores de velocidad de las ruedas informan a la unidad al módulo de control, la desaceleración o el deslizamiento de cada rueda. A partir de las velocidades de cada rueda, el módulo de control determina una velocidad de

referencia instantánea y, por comparación con los valores de su memoria, determina un valor de desaceleración ideal. Esta desaceleración la impondrá a las ruedas mediante la unidad hidráulica. Anomalías parásitas como el deslizamiento por el agua o calzadas deformadas pueden provocar velocidades diferenciales entre las ruedas cuando el sistema de frenado aún no está accionado (información que es proporcionada por la luz de freno) por lo que el antibloqueo no entrará en acción. La presión en ambas ruedas traseras es idéntica y depende de la rueda que tenga la adherencia menor.

2.4.1 Sistema controlado

El procesamiento de datos en el apartado de mando del ABS parte del siguiente sistema simplificado de regulación: una rueda no propulsada, la cuarta parte de la masa del vehículo que se asigna a esa rueda, el freno de la rueda y representando el par de fricción formado por neumático y calzada, una curva ideal de coeficiente de fricción (deslizamiento).

2.4.2 Magnitudes de regulación

Esencial para la calidad de regulación del ABS es la selección de las magnitudes de regulación apropiadas. La base para esto son los sensores de rueda, las cuales se calculan en el aparato de mando, la desaceleración tangencial de la rueda, el deslizamiento de frenado, la velocidad de referencia y la desaceleración del vehículo. Por sí solas ni la desaceleración tangencial/ aceleración tangencial ni el deslizamiento de frenado son magnitudes de

regulación apropiadas, ya que una rueda propulsada se comporta diferente al frenar que una rueda no propulsada. Por medio de una combinación lógica de estas magnitudes se logran buenos resultados.

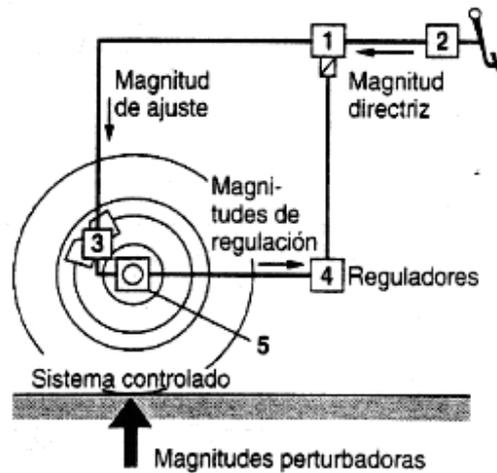
Ya que el desplazamiento de frenado no se puede medir directamente, se le calcula una magnitud parecida en el aparato de mando. Como base para esto sirve la velocidad de referencia, que corresponde a la velocidad bajo condiciones inmejorables de frenado (deslizamiento de frenado óptimo). Para determinar los sensores de rueda transmiten continuamente al módulo de control, para calcular la velocidad de la rueda.

El módulo de control durante los frenados parciales determina generalmente la rueda que gira más rápidamente en una diagonal, la velocidad de referencia. Si se le aplica la regulación del ABS para un frenado a fondo, difieren las velocidades de la rueda de la velocidad del vehículo y no pueden servir por esto, sin corrección, para el cálculo de la velocidad de referencia. El módulo de control compone la velocidad de referencia, durante la fase de regulación, tomando como base la velocidad de comienzo de regulación y la deja descender en forma de rampa. La pendiente de la rampa se obtiene de la evaluación de señales lógicas y combinadas.

Si se incluye adicionalmente a la aceleración tangencial de la rueda o desaceleración tangencial de la rueda y el deslizamiento de frenado, también la desaceleración del vehículo como magnitud auxiliar y se influye sobre el circuito lógico en el aparato de mando por medio de resultados de cálculo, se logra una regulación de frenado ideal.

Figura 10 Circuito de regulación del ABS

- 1 Grupo hidráulico con válvulas electromagnéticas,
- 2 Cilindro principal, 3 Cilindro de freno de rueda,
- 4 Aparato de mando, 5 Sensor de revoluciones.



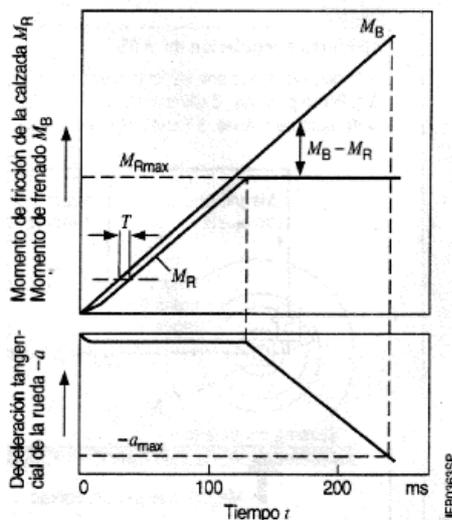
Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

2.4.3 Magnitudes de regulación para ruedas sin tracción

La aceleración y desaceleración tangencial de la llanta son apropiadas en general como magnitudes de regulación para llantas sin tracción y propulsadas, si el conductor frena con un cambio desembragado. Esto está fundamentado en el comportamiento contrapuesto del sistema controlado en el área estable y en el área inestable de la curva de coeficiente de fricción.

Figura 11 Proceso de frenado, simplificado

(-a) Deceleración tangencial de la rueda, (-a_{max}) Máxima deceleración tangencial de la rueda, M_B Momento de frenado, M_R Momento de fricción de calzada, M_{Rmax} Máximo momento de fricción de calzada, T Retardo de tiempo.



Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

En el área estable la desaceleración tangencial de la rueda solo puede tomar valores limitados, es decir, si el conductor solamente pise un poco más fuerte el pedal de freno, para que las ruedas bloqueen instantáneamente. Este comportamiento permite frecuentemente, con ayuda de la desaceleración tangencial de la llanta, registrar el deslizamiento para un frenado óptimo.

Un valor umbral fijo de la desaceleración para iniciar una regulación del ABS, solamente debe quedar un poco por encima de la desaceleración máxima posible del vehículo. Esto es especialmente importante, si el conductor al principio solo frena demasiado suave, pero después pisa el pedal de freno con intensidad creciente. Con un valor umbral ubicado demasiado alto, las llantas pueden pasar mucho dentro del área inestable de la curva de coeficiente de fricción, sin que el sistema ABS, registre la inminente inestabilidad.

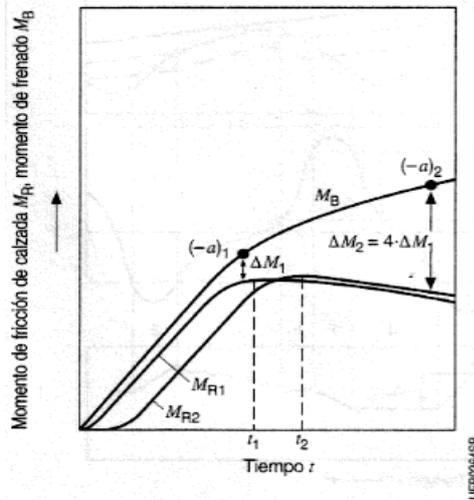
Si se alcanza por primera vez el valor umbral fijo de la desaceleración de la llanta, durante un frenado a fondo, no se debe disminuir automáticamente la presión de frenado de esta llanta, porque las llantas de moderna concepción perderían precisamente a una velocidad inicial elevada una valiosa distancia de frenado sobre una superficie con buena adherencia.

2.4.4 Magnitudes de regulación para ruedas propulsadas

Si durante el frenado esta acoplado la primera o segunda marcha, el motor actúa sobre las llantas motrices y aumenta considerablemente sus momentos de inercia de masa efectivos, es decir, las llantas se comportan como si fueran mucho más pesadas. En igual medida disminuyen la susceptibilidad de la aceleración tangencial de la rueda a modificaciones del momento de frenado en el área inestable de la curva de coeficiente de fricción. El comportamiento marcadamente contrapuesto en las llantas no propulsadas, entre el área inestable y estable de la curva, se atenúa tanto por eso, que la desaceleración tangencial de la llanta como magnitud de regulación, no es suficiente aquí frecuentemente para registrar deslizamiento de frenado con la mayor fricción posible. Es necesario más bien, recurrir adicionalmente a una magnitud parecida al deslizamiento de frenado como magnitud de regulación y combinarla en forma apropiada con la desaceleración de la llanta.

Figura 12 Proceso de frenado para una rueda sin tracción y una rueda propulsada acoplada al motor

Indicador 1: rueda sin tracción,
 Indicador 2: rueda propulsada.
 $(-a)$ Umbral de la deceleración tangencial de la rueda,
 ΔM Diferencia de momentos $M_B - M_R$.



Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

En la figura seis se muestra la comparación, de un proceso de frenado para una llanta no propulsada y un proceso para una llanta motriz acoplada con el motor. La inercia del motor cuadruplica el efectivo momento de inercia de la llanta. En la llanta no propulsada se sobrepasa pronto un determinado valor umbral de la desaceleración tangencial de la llanta $(-a)_1$, al abandonar el área estable de la curva de coeficiente de fricción. Por causa del momento de inercia de la llanta, aumenta con el factor 4, que en la llanta motriz o propulsada, se debe establecer primero la cuádruple diferencia de momentos. $\Delta M_2 = 4 \cdot \Delta M_1$.

Antes de sobrepasar el umbral $(-a)_2$. La llanta propulsada puede encontrarse ya bastante dentro del área inestable de la curva de coeficiente de fricción, por lo cual disminuye la estabilidad del vehículo.

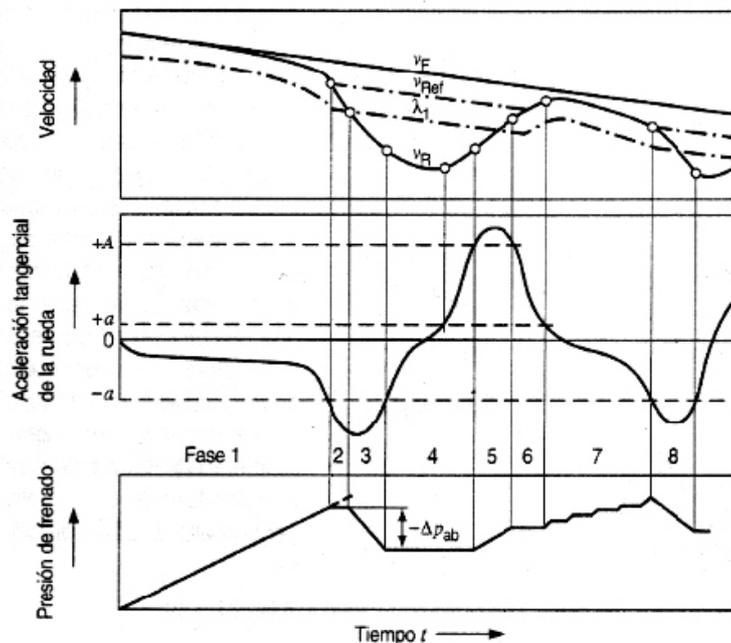
2.5 Ciclos de regulación típicos

2.5.1 Sobre una superficie con buena adherencia (elevado coeficiente de fricción estático)

Cuando se ha iniciado la regulación de frenado sobre una superficie con buena adherencia, debe continuar entonces más lentamente la sucesiva elevación de presión, por un factor entre 5 y 10 respecto a la fase de frenado, para evitar resonancias del eje perturbadoras. De estas condiciones resulta la regulación de frenado con altos coeficientes de fricción estática.

Figura 13 Regulación de frenado con altos coeficientes de fricción estática.

v_F Velocidad del vehículo, v_{ref} Velocidad de referencia, v_R Velocidad tangencial de la rueda, λ_1 Umbral de conmutación del deslizamiento, Señales de conmutación: $+A$, $+a$ umbrales de la aceleración tangencial de la rueda, $-a$ Umbral de la deceleración tangencial de la rueda, $-\Delta p_{ab}$ Disminución de la presión de frenado.



Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

UFB0306SP

Al frenar aumentan la presión de frenado en el cilindro de freno de rueda y la desaceleración tangencial de la llanta.

Al final de la fase uno sobrepasa la desaceleración tangencial de la llanta del valor umbral (-a) prefijado. Por eso, la válvula electromagnética correspondiente conmuta a la posición de mantener la presión. La presión de frenado no se debe rebajar todavía, porque el valor umbral (-a) podría sobrepasarse ya en la zona estable de la curva de coeficiente de fricción con lo que se incrementaría la distancia de frenado. Al mismo tiempo se reduce la velocidad de referencia (V_{ref}) según una rampa preestablecida. A partir de la velocidad de referencia se deriva el valor umbral de inflexión del deslizamiento λ_1 .

Al final de la fase dos, la velocidad tangencial de la rueda (V_R) llega a ser inferior al umbral λ_1 . A continuación la válvula electromagnética conmuta a la posición de descarga de presión, por lo que la presión de frenado desciende durante un tiempo como la desaceleración tangencial de la llanta tarda en sobrepasar el umbral (-a).

Al final de la fase tres se sobrepasa otra vez por debajo del umbral (-a) y le sigue una fase de mantenimiento de presión, de duración determinada. Dentro de este intervalo de tiempo, la aceleración tangencial de la llanta ha aumentado tanto que se sobrepasa por arriba el umbral (+a). La presión continúa permaneciendo constante.

Al final de la fase cuatro la aceleración tangencial de la llanta sobrepasa por arriba el valor umbral relativamente grande (+A). La presión de frenado aumenta continuamente hasta sobrepasar y mantenerse arriba del valor umbral (+A).

En el estado 6 se mantiene otra vez constante la presión de frenado, porque se ha sobrepasado el valor umbral (+a); al final de esta fase, la aceleración tangencial de la llanta desciende por debajo del umbral (+a). Esto es un indicio de que la rueda ha entrado a rodar en el área estable de la curva de coeficiente de fricción y que esta un poco subfrenada.

La presión de frenado se aumenta escalonadamente (fase 7) por tanto tiempo hasta que la desaceleración tangencial de la rueda sobre pase el umbral (-a). Esta vez se descarga inmediatamente la presión de frenado, sin que se haya generado una señal λ_1 .

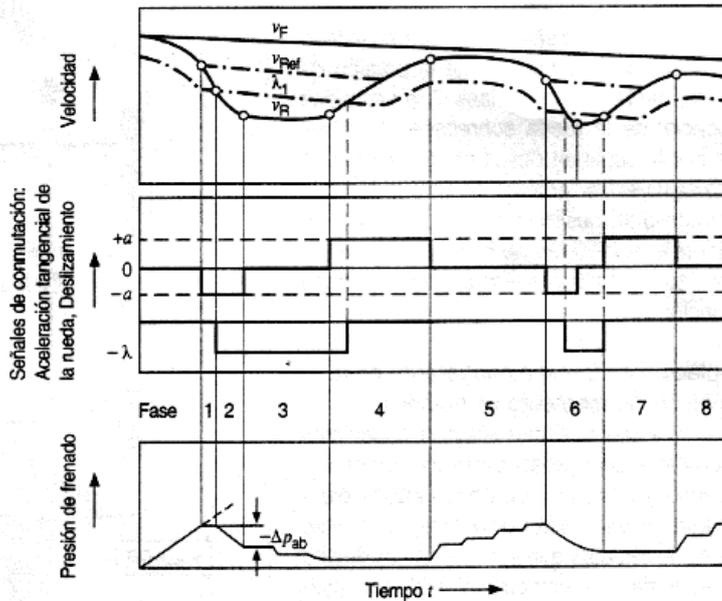
2.5.2 Sobre superficie cubierta con hielo (pequeño coeficiente de fricción estático)

Contrariamente a una superficie con buena adherencia, a menudo es suficiente, sobre una superficie cubierta con hielo, un suave toque del pedal de freno para que las ruedas se bloqueen y necesiten mucho más tiempo, para acelerar otra vez a partir de una fase de gran deslizamiento.

El circuito lógico en el módulo de control reconoce las respectivas condiciones imperantes en la carretera y adapta a ellas las características del sistema ABS. La figura 8 demuestra una regulación de frenado típica para pequeños coeficientes de fricción estáticos.

Figura 14 Regulación de frenado con pequeños coeficientes de fricción estática.

v_F Velocidad del vehículo, v_{Ref} velocidad de referencia, v_R velocidad tangencial de la rueda,
 λ_1 umbral de conmutación de deslizamiento,
 Señales de conmutación: $+a$ umbral de la aceleración tangencial de la rueda, $-a$ umbral de la deceleración tangencial de la rueda, $-\lambda$ deslizamiento, $-\Delta p_{ab}$ disminución de la presión de frenado.



Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

En la fase uno y dos se desarrolla la regulación de frenado como los coeficientes de fricción estática grandes.

La fase tres comienza con una etapa de mantenimiento de presión de corta duración. Después se realiza, durante un tiempo muy corto, una comparación de la velocidad tangencial de la llanta con el valor umbral de conmutación de deslizamiento (λ_1). Ya que la velocidad tangencial de la llanta es menor que el valor umbral de conmutación de deslizamiento, la presión de frenado, se descarga, durante un período corto.

Sigue ahora otra fase corta de mantenimiento de presión se acelera la rueda y su aceleración tangencial sobrepasa el umbral (+a). Esto conduce a continuar descendiendo por debajo de dicho umbral a esto se le llama fin de la etapa 4. En la fase 5 continua el aumento escalonado de la presión, hasta que en la fase 6, mediante la descarga de presión, se inicia un nuevo ciclo de regulación.

La llanta comparativamente se mueve mucho en el área de gran deslizamiento, lo que es desventajoso para la estabilidad y la maniobrabilidad.

Para mejorar ambas propiedades, se realiza continuamente en este ciclo y los siguientes la comparación entre la velocidad tangencial de la llanta y el umbral de conmutación de deslizamiento λ_1 .

Esto tiene como consecuencia, que en la fase 6 se descargue continuamente la presión de frenado, hasta que el fase 7 la velocidad tangencial de la llanta sobrepase el umbral (+a). Por la continua descarga de presión, la llanta se mueve solamente durante un período corto con gran deslizamiento, con lo cual se aumenta la estabilidad de marcha y la maniobrabilidad en contraposición al primer ciclo de regulación.

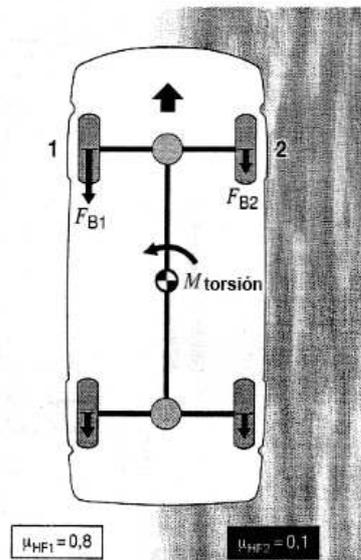
2.6 Regulación de frenado con retardo de la formación del momento de torsión

Al frenar sobre una carretera con superficies desiguales, las llantas izquierdas sobre asfalto y las llantas derechas sobre hielo, se crean en las llantas delanteras diferentes fuerzas de frenado, que ejercen un par de giro alrededor del eje vertical del vehículo (torsión).

Los automóviles pesados presentan una distancia entre ejes relativamente grande y un gran momento de inercia del vehículo alrededor del eje vertical. En esos vehículos la torsión sucede tan lentamente que el conductor, al frenar con el sistema ABS, puede equilibrar los momentos de torsión con la suficiente rapidez moviendo el volante en la dirección contraria.

Figura 15 Formación del momento de torsión para coeficientes de fricción estática muy diferentes

M Momento de torsión, F_B Fuerza de frenado,
 μ_{HF} Coeficiente de fricción estática.
 1 Rueda "High", 2 Rueda "Low".



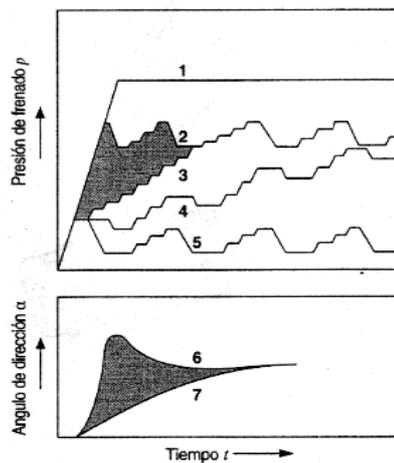
Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

Los vehículos pequeños, con poca distancia entre ejes y bajo momento de inercia del vehículo, necesitan además del sistema ABS un retardo de formación del momento de torsión (GMA), para lograr que estos vehículos sean dominables en frenadas de pánico, sobre superficies desiguales en la carretera. El retardo de formación del momento de torsión en la llanta del lado de la carretera que gira con el mayor coeficiente de fricción estática (rueda alta),

conduce a un retardo temporal de la formación de presión en el cilindro de freno de rueda.

Figura 16 Desarrollo de la presión de frenado/ángulo de dirección con retardo de formación del momento de guiñada.

- 1 Presión del cilindro principal p_{PHZ} ,
- 2 Presión de frenado p_{high} sin GMA,
- 3 p_{high} con GMA 1, 4 p_{high} con GMA 2,
- 5 p_{low} , 6 Angulo de dirección α sin GMA,
- 7 Angulo de dirección α con GMA.



Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

La curva 1 muestra la presión del cilindro principal PHZ. Si no existe retardo de de formación del momento de torsión, la llanta sobre el asfalto presenta la presión alta (curva 2), la rueda sobre el hielo la presión baja (curva 5).

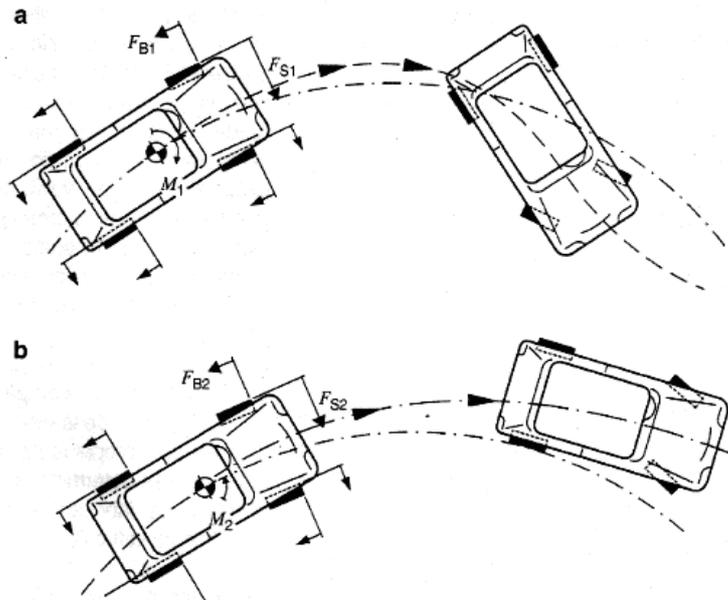
2.6.1 Sistema GMA

En vehículos con un comportamiento de marcha poco crítico se emplea este sistema. Con él se forma escalonadamente, en la etapa de frenado, la presión de frenado en la llanta alta, tan pronto como la llanta baja, como consecuencia de una tendencia al bloqueo, experimenta su primera descarga de presión.

Cuando la presión de frenado de la llanta alta ha alcanzado su nivel de bloqueo, no es influida más por las señales de la llanta baja, sino que se regula individualmente, para aprovechar en esa llanta la máxima fuerza de frenado posible. Esta medida asegura, un comportamiento de dirección satisfactorio en frenada de pánico, sobre superficies de la carretera desiguales.

Figura 17 Comportamiento de frenado en la curva, a velocidades críticas con/sin GMA

a GMA conectado (sin regulación individual), el vehículo sobrevira,
b GMA desconectado (regulación individual), el vehículo subvira ligeramente.
 F_B Fuerza de frenado, F_S Fuerza lateral, M Par de giro.

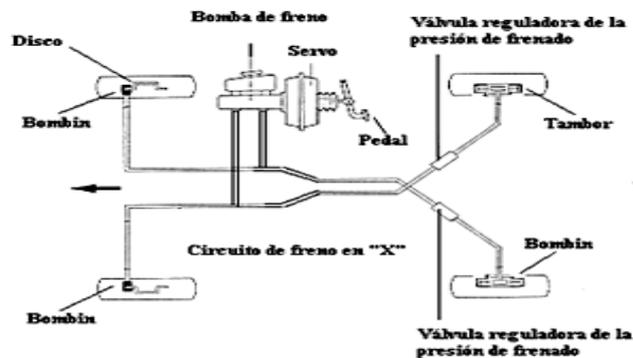


Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN SISTEMA CONVENCIONAL DE FRENOS

3.1 Sistema de frenos convencional

Figura 18 Esquema de un circuito de frenos convencional sin ABS. Freno tipo "X"



3.1.1 Desventajas

- En vehículos provistos de sistemas estándar de frenado, es común que durante una frenada de pánico, sobre pavimento seco, las ruedas delanteras se bloqueen. Cuando la carretera está mojada o resbaladiza, ese riesgo aumenta significativamente, especialmente a velocidades altas o cuando el dibujo de los neumáticos se encuentra desgastado. Cuando esto ocurre, el conductor pierde el control del vehículo, que no responde al giro del volante y se desliza en la dirección y sentido que llevaba al iniciarse el bloqueo.
- No podemos implementarle otros dispositivos como al sistema ABS, el cual cuenta con otros mecanismos externos para dar más seguridad al conductor en situaciones extremas.

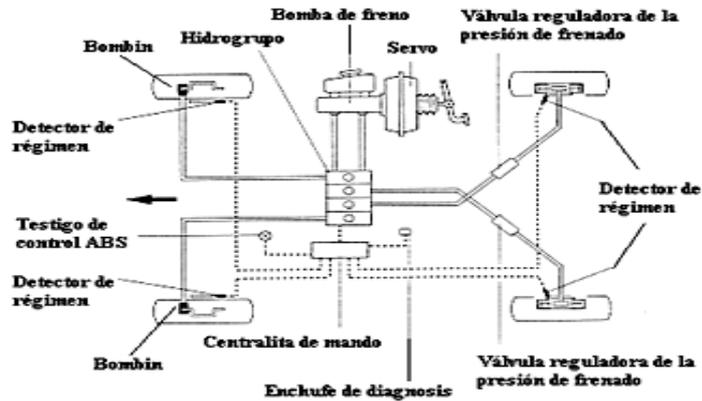
- Nos hace notar en el tablero solo cuando tenemos una fuga o un nivel bajo de líquido de frenos, pero no nos indica sobre otros problemas que pudieran haber en el sistema.

3.1.2 Ventajas

- No poseemos de un peso extra en el vehículo, como lo es la unidad hidráulica que posee el sistema de frenos ABS, donde de 6.2 kg (ABS 2) hasta 1.8 Kg (ABS 8.0).
- El mantenimiento es mucho más barato y más conocido, donde lo pueden hacer en cualquier centro de servicios automotrices.
- Se puede convertir en un sistema de frenos ABS, sólo con conocer ciertos parámetros.

3.2 Sistema de frenos ABS

Figura 19 Esquema de un circuito de frenos con ABS.



3.2.1 Desventajas

- El mantenimiento de este es conocido sólo por algunos entes, por esto y por los componentes que posee el ABS hace que el mantenimiento sea más costoso.
- Cuando se enciende el piloto ABS, no sólo requerirá de un simple mantenimiento, sino que habrán veces donde haya que conectarle un escáner para saber por que el piloto ABS se accionó, al conectar este el precio aumenta aún más debido a la conexión de este instrumento.

3.2.2 Ventajas

- La primera ventaja a destacar es que los sistemas antibloqueo permiten que el auto se detenga en distancias más cortas. Esto explica porque al aumentar el contacto neumático-suelo, se mantiene un mayor coeficiente de rozamiento y, como consecuencia, se logra una mayor eficiencia de frenado. Al evitar el bloqueo, el sistema ABS permite que el conductor tenga el control del direccionamiento del vehículo, al mismo tiempo que lo desacelera, optimizando, de esa manera, la conducción en situaciones de riesgo.
- Se cuenta con un piloto ABS el cual esta al tanto de cada llanta en particular, y hará notar en el tablero que hay algo malo con el dispositivo ABS. Estabilidad y maniobrabilidad en la conducción.
- Durante el proceso de frenado debe garantizarse la estabilidad del vehículo, tanto cuando la presión de frenado aumenta lentamente hasta el límite de bloqueo como cuando lo hace bruscamente, es decir, frenando en situación limite. Con respecto a la maniobrabilidad, podemos decir que el vehículo se pueda conducir al acelerar en una curva aunque pierda adherencia alguna de las llantas.
- Al sistema ABS se lo suele clasificar como sistema reactivo, pues funciona reaccionando frente a una o más ruedas bloqueadas. Otra de las mejoras, pero no menos importante, es que sobre pavimento

húmedo, el sistema permite que el agua drene por las estrías y no se forme la cuña de agua que caracteriza el que las llantas resbalen sobre la humedad que se encuentra sobre el suelo.

Tabla II Comparación de un sistema ABS con un convencional

BLOQUEO	SISTEMA ABS	SISTEMA CONVENCIONAL
		NUNCA
SEGURIDAD	ALTA	MEDIA
PESO EXTRA	DEBIDO AL SISTEMA ABS	NINGUNO
COSTO DEL MANTENIMIENTO	ALTO	MEDIO
DISTANCIA DE PARADA	BAJA	NORMAL
CONTROL DEL VEHÍCULO	ALTO	MEDIO
DIAGNÓSTICO COMPUTARIZADO	MAYORÍA DE LAS VECES	CASI NUNCA
ESTABILIDAD	ALTA	MEDIA
PURGA	EQUIPO ESPECIAL	PURGADO NORMAL

4. ESTABILIDAD EN CONDUCCIÓN

4.1 Velocidad de referencia

Por cuestiones de precisión y de seguridad, la lógica calcula la velocidad del vehículo a partir de las velocidades de las cuatro ruedas. Esta información se llama velocidad de referencia. Para el cálculo, el módulo de control tiene en cuenta además de los límites físicos (las aceleraciones y desaceleraciones máximas que es posible alcanzar en las diferentes adherencias) con el fin de verificar la coherencia del resultado y en su caso corregir el valor obtenido.

4.2 Deslizamiento de las diferentes ruedas

El deslizamiento de una rueda es la diferencia de velocidad entre la rueda y el vehículo. Para la estrategia, que solo dispone de la velocidad de referencia como aproximación de la velocidad del vehículo, el deslizamiento es calculado a partir de la velocidad de la rueda y de la velocidad de referencia.

4.3 Aceleraciones y desaceleraciones de las ruedas

A partir de la velocidad instantánea de una rueda (dada por el captador de velocidad), es posible calcular la aceleración o la desaceleración de la rueda considerada observando la evolución de la velocidad en el tiempo.

4.4 Reconocimiento de la adherencia longitudinal neumático-suelo

El módulo de control calcula la adherencia instantánea exacta a partir del comportamiento de las ruedas. En efecto, cada tipo de adherencia conduce a unos valores de aceleración y de desaceleración que son propios. Además, el módulo considera dos ámbitos de adherencia: baja (de hielo a nieve) y alta (de suelo mojado a suelo seco) que corresponden a unas estrategias de regulaciones diferentes.

4.5 Reconocimiento de las condiciones de rodaje

El módulo de control sabe adaptarse a un cierto número de condiciones de rodaje que es capaz de reconocer. Entre ellas citamos las principales:

4.5.1 Viraje

Las curvas se detectan observando las diferencias de velocidades de las ruedas traseras (la rueda interior en un giro es menos rápida que la rueda exterior).

- Transición de adherencia (paso de alta adherencia a baja adherencia ó a la inversa):
- Los deslizamientos de las ruedas, aceleraciones y desaceleraciones se toman en cuenta para reconocer esta situación.
- Asimétrica (dos ruedas de un mismo lado sobre alta adherencia y las otras sobre baja adherencia):
- Los deslizamientos de las ruedas de un mismo lado se comparan con los deslizamientos de las ruedas del otro lado.

4.6 Brake Assist System (BAS)

Ante una situación de peligro, un sensor detecta que hemos pisado rápidamente y con fuerza el freno. En ese momento actúa el servofreno adicional aumentando al máximo la presión de frenado y reduciendo la distancia recorrida.

4.7 Electronic Brake Variation System (EBV)

A través de un sensor, se regula la frenada entre el eje delantero y trasero según el peso de cada uno, enviando más o menos presión a las ruedas conforme estas lo necesiten.

4.8 Servotronic

Un nuevo sistema de frenado direccional que se activa al frenar en las curvas. Cuando detecta que las ruedas de un lado giran menos en una curva y hacia dónde se está girando, frena más las ruedas de uno de los lados para conseguir dar un efecto direccional y compensar la inercia del peso y la velocidad.

4.9 *Electronic Brake Direction (EBD)*

Especialmente en vehículos de tracción delantera, el ABS trabaja en combinación con la distribución electrónica de la fuerza de frenado (EBV), que garantiza una óptima presión de frenado en las ruedas traseras. Al frenar a fondo, en los vehículos de tracción delantera las ruedas traseras tienden a perder adherencia, por lo que el sistema EBV transmite en tal caso una presión de frenado menor (mayor, en caso de frenar normalmente) al eje trasero.

Con el vehículo cargado se transfiere a las ruedas traseras una presión de frenado aún mayor, lo que se traduce en un mejor aprovechamiento de la fuerza de frenado del eje trasero, mayor efectividad y un desgaste más homogéneo de las fricciones

En situaciones de emergencia, la mayoría de los conductores cometen dos errores típicos al frenar: pisan el freno con demasiada suavidad o comienzan a frenar con precaución, aumentando la presión a medida que el peligro se acerca. Todo ello alarga innecesariamente el recorrido de frenado, porque el ABS no entra en acción o bien lo hace demasiado tarde.

4.10 *Electronic traction system (ETS)*

Antes, cuando se producían problemas de tracción se recurría al diferencial de bloqueo automático (ASD) en el que el efecto bloqueante se genera en los discos del diferencial o bien, a la tracción total.

Hoy en día se encomienda esta tarea a dos sistemas avanzados: el sistema electrónico de tracción (ETS) o el sistema de tracción antideslizante (ASR).

El sistema electrónico de tracción (ETS) garantiza una máxima tracción al arrancar o al acelerar, incluso en situaciones extremas. Sin intervenir en el sistema de gestión del motor, se aplican los frenos de forma selectiva sobre las ruedas motrices.

Al igual que en el ABS, los sensores de las ruedas informan sobre la velocidad de giro de las mismas. Si una de las ruedas motrices empieza a girar en vacío, el ETS incrementa la presión de frenado sobre la rueda en cuestión la frena instantáneamente.

El momento de frenado generado en la rueda que tiende a patinar se transmite inmediatamente en forma de par de accionamiento a la rueda con mejor adherencia. Cuando se normaliza el par de giro se deja de aplicar la presión de frenado. De este modo, la rueda se mantiene siempre en el margen más favorable de tracción y el vehículo conserva su trayectoria. Esta intervención sobre los frenos se puede efectuar al arrancar en un camino con diferente adherencia, actuando como un bloqueo de diferencial.

4.11 *Traction control system (TRACS)*

(Control de tracción). Presenta una estructura y modo de funcionamiento similares a los del EDS.

4.12 *Foward Dinamic Regulation (FDR)*

El FDR ofrece mayor estabilidad en todas las situaciones de marcha, sistema que fue incorporado por Bosch en 1995, en la fabricación en serie de vehículos, para la seguridad activa de éstos. El FDR combate especialmente en curvas y maniobras de desviación desde el principio el que se bloquee, interviniendo rápidamente y de forma selectiva en el motor, en la transmisión y en los frenos.

4.13 *Acceleration Slide Regulation (ASR)*

Las condiciones críticas de marcha se pueden presentar no solo al frenar, sino también al arrancar y acelerar (especialmente sobre calzada resbaladiza cuesta arriba) o al circular por las curvas. Tales situaciones pueden superar la habilidad del conductor.

Estos problemas lo resuelve la regulación antideslizante de aceleración ASR, que como una ampliación del ABS tiene la tarea prioritaria de facilitar la labor del conductor y asegurar al acelerar, la estabilidad y maniobrabilidad del vehículo (mientras no se sobrepasen los umbrales físicos). Para esa finalidad, el ASR adapta en caso de necesidad el par del motor, oportunamente, al respectivo par de tracción transferible a la calzada.

4.13.1 Exigencias que debe cumplir el ASR

En las siguientes situaciones de circulación, la regulación antideslizante de aceleración debe evitar el patinar de las ruedas, al acelerar:

- Sobre carretera resbaladiza por un lado o ambos lados.
- Al salir de estacionamientos o paradas donde se encuentre hielo o humedad.
- Al acelerar en las curvas.
- Al iniciar la marcha cuesta arriba (regulación de la propulsión, con ayuda de un control de presión de frenado en la rueda que patina).

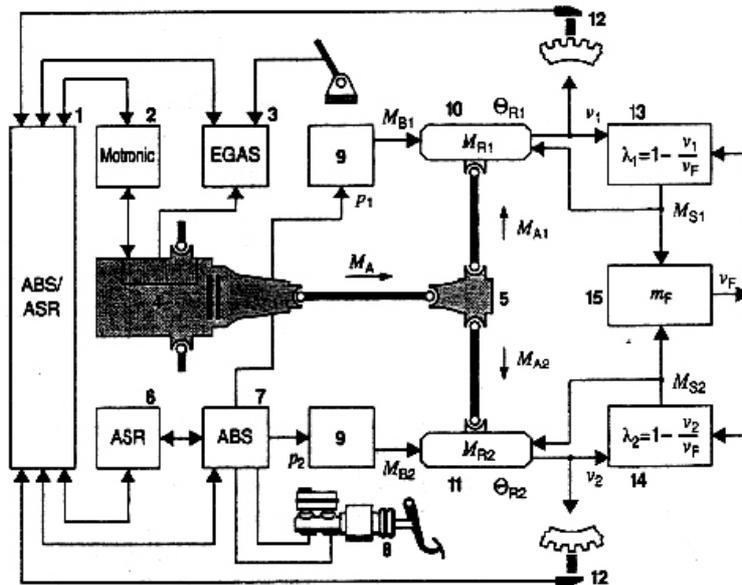
Además, la regulación antideslizante de aceleración debe intervenir en las siguientes situaciones:

- Las ruedas que patinan pueden transferir, como las ruedas bloqueadas, solamente pequeñas fuerzas de conducción lateral; el comportamiento de marcha se hace inestable y la parte trasera del vehículo derrapa. El ASR mantiene el vehículo bajo control y aumenta la seguridad.
- Las ruedas que patinan conducen a un mayor desgaste de los neumáticos y de la mecánica de tracción. El ASR evita un peligro que aparece cuando una rueda patinando entra de pronto en una superficie con buen agarre.

- El ASR debe estar siempre a disposición e intervenir automáticamente en caso de necesidad. A partir de la diferencia de deslizamiento de las ruedas motrices, el ASR puede identificar entre circulación por curvas o una rueda patinando. En contraposición a los bloques mecánicos, los neumáticos no presentan un efecto de “borrado” en las curvas cerradas. Si el conductor acelera demasiado, los bloqueos de diferencial tampoco pueden evitar que las ruedas patinen. El ASR regula sin embargo, automáticamente la potencia del motor, de forma tal que las ruedas tengan un buen agarre.

Figura 20 Unidades funcionales de la regulación antideslizante de aceleración.

1 Aparato de mando del ABS/ASR, 2 Aparato de mando del Motronic, 3 Aparato de mando del EGAS, 4 Motor, Embraque, Caja de cambios, 5 Diferencial, 6 Alimentación de presión del ASR, 7 Grupo hidráulico del ABS, 8 Cilindro principal, 9 Frenos de la rueda, 10 Rueda 1, 11 Rueda 2, 12 Sensor de revoluciones, 13 Pavimento de la calzada, Rueda 1, 14 Pavimento de la calzada, Rueda 2, 15 Masa del vehículo m_F , p Presión de frenado, v Velocidad de la rueda, v_F Velocidad del vehículo, λ Deslizamiento, Θ_R Momento de inercia de la rueda, M_A Momento motriz, M_B Momento de frenado, M_R Balance de momentos de la rueda motriz, M_S Momento de la calzada. Indices 1, 2: Rueda 1, 2.



Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

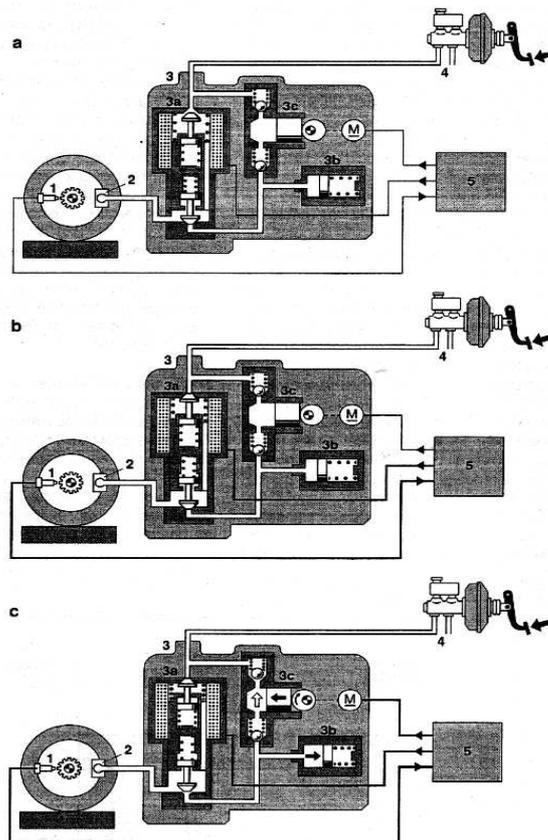
5. MANTENIMIENTO DE PRESIÓN

5.1 Fases de presión que posee el sistema (ABS)

- Fase de aumento de presión.
- Fase de mantenimiento de la presión.
- Fase de disminución de la presión.

Figura 21 Modulación de la presión del frenado.

a Formación de la presión, b Mantenimiento de la presión, c Descarga de la presión.
1 Sensores de revoluciones, 2 Cilindro de freno de rueda, 3 Grupo hidráulico, 3a Válvula electromagnética,
3b Acumulador, 3c Bomba de recirculación, 4 Cilindro principal, 5 Aparato de mando.
— línea en reposo, — línea portante.



Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

5.1.1 Aumento de presión (aumento de frenado)

La electro válvula de escape se cierra y la electro válvula de admisión se abre. La bomba de frenos esta otra vez unida al bombin de la rueda.

La alimentación hidráulica se efectúa gracias a la bomba de frenos, pero también por medio del Motor-bomba (en el caso en que no este vacío el acumulador).

Como el volumen de líquido de freno transportado es por término mayor que el volumen que va de los consumidores hacia los acumuladores de baja presión, estos últimos sirven únicamente a los acumuladores intermediarios para puntas de caudal cortas. La bomba rechaza el líquido de freno de los acumuladores de baja presión hacia los circuitos de freno (bomba de freno o bombín, dependiendo del reglaje de las electro válvulas de admisión).

Según el caudal de la bomba, la posición de los pistones de la bomba de frenos, y por consiguiente, la posición del pedal corresponde a la absorción momentánea del bombín de freno con un cierto desfase. Por ello, el pedal se encuentra en posición alta durante las presiones bajas y en posición baja durante las presiones altas. Este cambio de presión regular provoca un movimiento del pedal (pulsación) y señala al conductor que esta en el curso de una regulación.

Cuando se esta en este estado de presión la aceleración y la velocidad disminuyen hasta valores tales que la adherencia del vehículo respecto al suelo puede quedar comprometida, por lo que hay que reducir la fuerza de frenado

para permitir a la rueda que aumente su propia velocidad y recupere la adherencia.

NOTA: Independientemente del estado eléctrico de las electro válvulas, se puede en cualquier momento reducir la presión de frenado soltando el pedal de freno, debido a que la presión creada es la que el conductor aplica sobre el pedal. La disminución de la presión se efectúa por medio de la válvula anti-retorno colocada en paralelo con la válvula de admisión.

5.1.2 Mantenimiento de la presión

En esta fase tanto la velocidad como la aceleración de la rueda aumentan. Las electro válvulas de admisión son activadas para que se cierren con una intensidad de corriente de 1.9 a 2.3 A, la comunicación entre la bomba de frenos y el bombín se corta, y la presión del bombín se mantiene constante el valor alcanzado anteriormente con independencia de la fuerza ejercida sobre el pedal del freno. El aumento de presión de frenado es imposible.

5.1.3 Disminución de la presión (disminución de la tendencia al bloqueo)

La unidad de módulo de control detecta la tendencia de la rueda al bloqueo y se activa el dispositivo de antibloqueo de las ruedas. La electro válvula de escape es abierta con una intensidad de 4.6 a 6 A y se cierra la comunicación entre la bomba de frenos y el bombín, mientras la electro válvula de admisión permanece cerrada, se abre la comunicación entre el bombín y la bomba de retorno, de esta manera se sustrae líquido de frenos del bombín que

es recirculado al circuito principal a través del circuito de la bomba de retorno (llamado también circuito secundario). Ello comporta impulsos hidráulicos intermitentes sobre el pedal de freno, que el conductor puede percibir cuando frena.

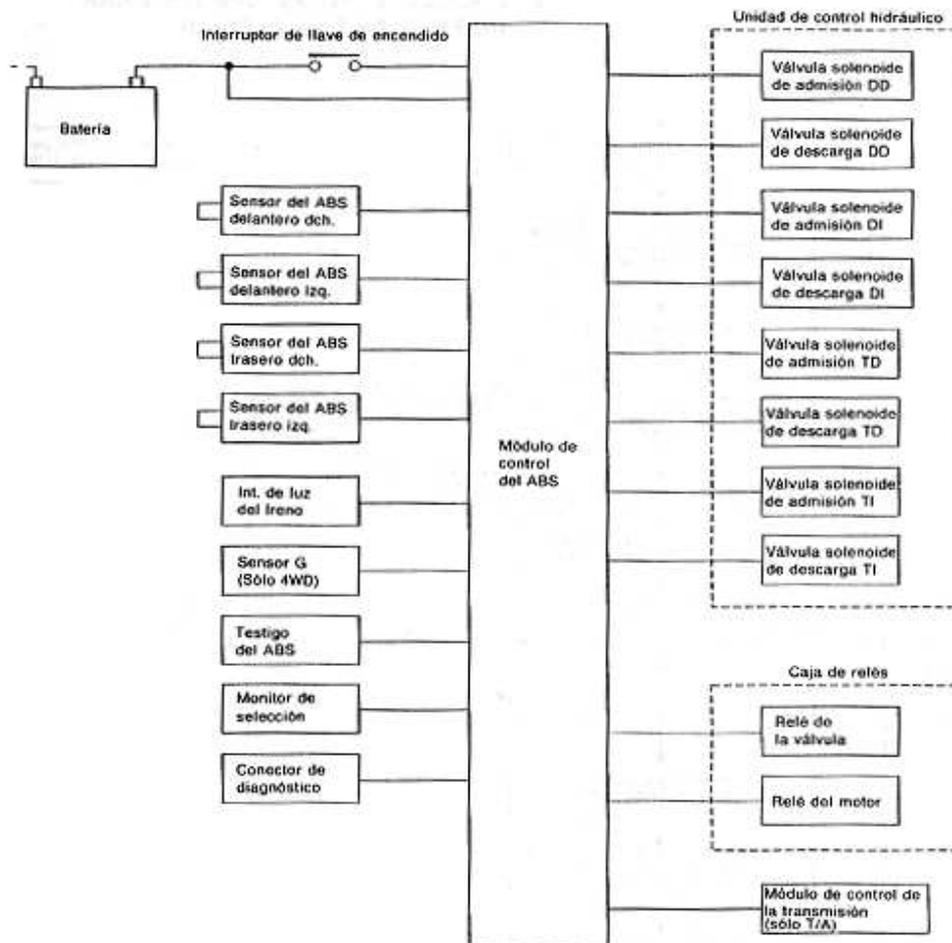
La función del acumulador presente en este circuito es absorber una parte del líquido de frenos del circuito secundario, permitiendo también a la bomba proporcionar un caudal medio económico.

La fase de disminución de presión interviene solo cuando la fase de mantenimiento de la presión no ha sido suficiente.

6. FUNCIONAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES QUE COMPONEN EL SISTEMA DE FRENOS ABS

6.1 Constitución del sistema ABS (figura 22)

Figura 22



6.2 Distribución del circuito de frenos

Las prescripciones legales actuales exigen un dispositivo de transmisión de dos circuitos (2). De las cinco posibilidades existentes según la DIN 74000, se han impuesto dos tipos de distribución (distribución en X y en II).

Para cumplir las prescripciones legales en lo referente a la acción de frenado auxiliar, los vehículos con mayor carga frontal se equipan con una distribución diagonal (distribución en X), en la que cada uno de los circuitos de freno actúa sobre una llanta delantera y una llanta trasera diagonalmente opuesta.

La distribución eje delantero/eje trasero (distribución en II), en que un circuito de freno actúa sobre el eje delantero y otro circuito sobre el eje trasero, es apropiado preferiblemente para vehículos con mayor carga sobre la parte posterior, como también para vehículos industriales medianos y pesados.

Las otras distribuciones de circuito de freno (distribuciones HI, LL y HH) son, en relación con la seguridad, de valoración más crítica y por eso se emplean las primeras dos versiones, con algunas excepciones menores.

6.3 Funcionamiento hidráulico del sistema ABS

Si la fuerza de frenado es menor que la fuerza de adherencia entonces no hay frenado con regulación el sistema ABS no se activa. Si la fuerza de

frenado es mayor que la fuerza de adherencia (las ruedas tienden a bloquearse) entonces si hay frenado con regulación, entonces el sistema ABS se activa.

Cuando tenemos un frenado con regulación distinguiremos tres estados:
Fase de aumento, mantenimiento y disminución de presión.

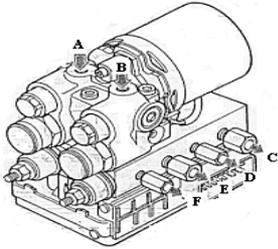
6.4 Formación de la presión

En estado de no excitación, es decir, sin corriente, existe una comunicación sin impedimento entre la afluencia del cilindro principal y la conexión hacia el cilindro de freno de rueda, de manera que el frenado normal, sin intervención del ABS durante la regulación del ABS, puede aumentar la presión de frenado. En esta posición actúa la válvula electro magnética, ambos muelles uno contra el otro (el muelle principal y el muelle secundario).

6.5 Dispositivos que conforman la unidad hidráulica o grupo hidráulico

El hidrogropeo o unidad hidráulica, realiza las órdenes de aparato de mando y control independiente del conductor, a través de válvulas electromagnéticas, las presiones en los frenos de la rueda. Este grupo forma la unión hidráulica entre el cilindro principal y los cilindros de freno de rueda. El grupo hidráulico se encuentra en el compartimiento del motor, para poder mantener cortas las conducciones hidráulicas al cilindro principal y a los cilindros de freno de rueda.

Figura 23 Grupo Hidráulico



- A**-Canalización de llegada de la bomba de frenos (circuito primario).
- B**-Canalización de llegada de la bomba de frenos (circuito secundario).
- C**-Canalización de salida del hidroggrupo que va a la rueda delantera izquierda. (DI).
- D**-Canalización de salida del hidroggrupo que va a la rueda trasera derecha. (TD).
- E**-Canalización de salida del hidroggrupo que va a la rueda trasera izquierda. (TI).
- F**-Canalización de salida del hidroggrupo que va a rueda delantera derecha (DD).

6.6 Electro válvulas

Están constituidas de un solenoide y de un inducido móvil que asegura las funciones de apertura y cierre. La posición de reposo es asegurada por la acción de un muelle incorporado. Todas las entradas y salidas de las electro Válvulas van protegidas por unos filtros.

A fin de poder reducir en todo momento la presión de los frenos, independiente del estado eléctrico de la electro válvula, se ha incorporado una válvula anti-retorno a la electro válvula de admisión. La válvula se abre cuando la presión de la "bomba de frenos" es inferior a la presión del estribo, como en el caso que se dejará de frenar cuando el ABS esta funcionando.

El circuito de frenado esta provisto de dos electro válvulas de admisión abiertas en reposo y de dos electro válvulas de escape cerradas en reposo. Es la acción separada o simultanea de las electro válvulas la que permite modular la presión en los circuitos de frenado.

6.7 Conjunto motor-bomba

Esta constituido de un motor eléctrico y de una bomba hidráulica de doble circuito, controlados eléctricamente por el calculador, a la bomba de este conjunto se le denomina bomba de recirculación. La función del conjunto es rechazar el líquido de frenos en el curso de la fase de regulación desde los bombines a la bomba de frenos. Este rechazo es perceptible por el conductor por el movimiento del pedal de freno.

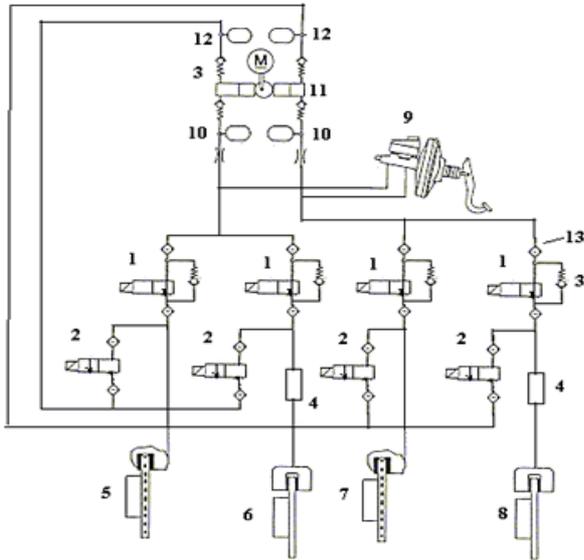
6.8 Bombines

Son aquellos que se encuentran en las ruedas y a donde llega el líquido de frenos enviado por la bomba principal de frenado, estos también son llamados bombas auxiliares, ya que por parte de estos también tanto aumento de presión a la hora de frenar una llanta.

6.9 Acumulador de baja presión

Se llena del líquido del freno que transita por la electro válvula de escape, si hay una variación importante de adherencia en el suelo. El nivel de presión necesario para el llenado del acumulador de baja presión debe ser lo suficientemente bajo para no contrariar la caída de presión en fase de regulación, pero lo suficientemente importante como para vencer en cualquier circunstancia la fuerza de la válvula de entrada de la bomba.

Figura 24 Circuito hidráulico de un sistema ABS.



- 1- Electroválvula de admisión.
- 2- Electroválvula de escape.
- 3- Válvula anti-retorno.
- 4- Válvula reguladora de la presión de frenado.
- 5- Bombin rueda delantera izquierda.
- 6- Bombin rueda trasera derecha.
- 7- Bombin rueda delantera derecha.
- 8- Bombin rueda trasera izquierda.
- 9- Bomba de frenos.
- 10- Silenciador.
- 11- Motor-bomba.
- 12- Acumulador de baja presión.
- 13- Filtro.

Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

6.10 Bomba de recirculación

La bomba de recirculación impele el líquido de frenos, que fluye de los cilindros de rueda al descargar la presión, a través del acumulador asignado, retornando hacia el cilindro principal.

6.11 Detectores de rueda o sensores de rueda

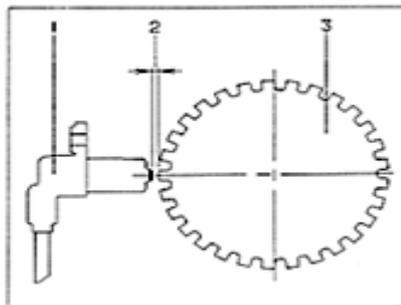
Los detectores de rueda o de régimen, también llamados sensores de rueda miden la velocidad instantánea en cada rueda. El conjunto esta compuesto por:

- (1) Un captador
- (2) y un generador de impulsos o rueda fónica
- (3) Órgano giratorio.

La disposición puede ser axial, radial o tangencial (axial ruedas delanteras, tangencial ruedas traseras).

Para obtener una señal correcta, conviene mantener un entrehierro entre el captador y el generador de impulsos. El captador va unido al calculador mediante cableado.

Figura 25 Captador de rueda A



Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

El captador funciona según el principio de la inducción; en la cabeza del captador se encuentran dos imanes permanentes y una bobina. El flujo magnético es modificado por el desfile de los dientes del generador de impulsos. La variación del campo magnético que atraviesa la bobina genera una tensión alternativa casi sinusoidal cuya frecuencia es proporcional a la

velocidad de la rueda. La amplitud de la tensión en el captador es función de la distancia (entre-hierro) entre diente y captador y de la frecuencia.

Figura 26 Captador de rueda B

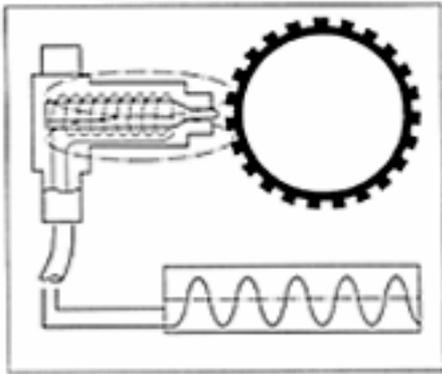
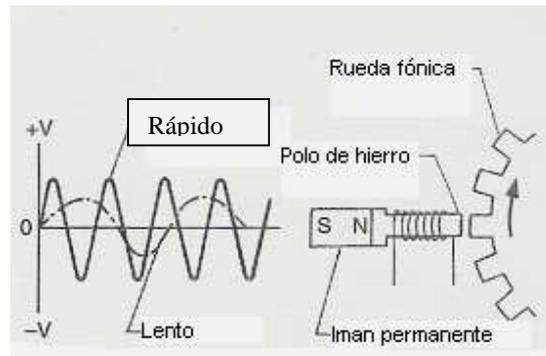


Figura 27 Componentes del captador de rueda



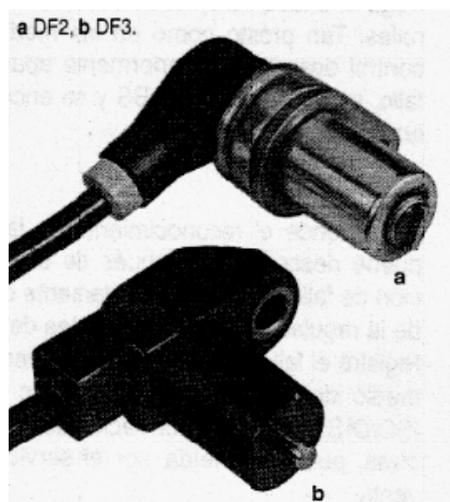
Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

El indicador de polaridad está unido al imán permanente, cuyo campo magnético se extiende hasta dentro de la rueda de impulsos. Al moverse la rueda de impulsos, al moverse la rueda, enfrente del indicador de polaridad se intercalan continuamente, una vez un diente y después un hueco entre dientes. El campo magnético se modifica por ello una y otra vez e induce en el bobinado la tensión, que se toma en los terminales del bobinado. La frecuencia de la tensión sirve de medida exacta para la velocidad momentánea de la rueda.

Para las diferentes condiciones de instalación en la proximidad de la rueda, existen variadas formas de indicadores de polaridad (figura 1). El más difundido es el indicador de polaridad de cuchilla para instalar radialmente, perpendicular a la rueda de impulsos. El indicador de polaridad romboidal para instalar axialmente, está ubicado radialmente respecto a la rueda de impulsos. En la instalación, ambas formas de indicadores de polaridad se deben alinear exactamente a la rueda de impulsos. Con el indicador de polaridad redondo no

es necesaria la alineación exacta hacia la rueda de impulsos, en la instalación; la rueda de impulsos debe tener sin embargo un diámetro lo suficientemente grande o una reducida cantidad de dientes. El detector de rueda y la rueda de impulsos están separados uno de otro con tolerancias muy finas, solamente por intersticio de 1mm, para garantizar un registro de señales libre de interferencias. Además una fijación robusta de los captadores de rueda asegura, que las oscilaciones en la zona de freno de la rueda no falseen. Ya que en el lugar de instalación entra suciedad, agua salpicada, los captadores se cubren de grasa antes de su montaje.

Figura 28 Sensores de revoluciones (vista)



Fuente: Manual de Servicio ABSJ

6.12 Módulo de control

El módulo de control recibe, amplifica y filtra señales del sensor, determina velocidades y calcula de ellas la velocidad de referencia, el deslizamiento de frenado y la desaceleración o aceleración tangencial de la llanta.

7. DISPOSITIVOS QUE AYUDAN EN EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ABS

7.1 Caja de relés

Aloja al relé de la válvula y al relé del motor.

7.2 Relé de la válvula

Actúa como interruptor de alimentación de la válvula de solenoide y de la bobina del relé del motor, como respuesta a una instrucción recibida del ABSCM. El relé de la válvula también constituye uno de los circuitos de mando duplicados del piloto de ABS.

7.3 Relé del motor

Sirve como interruptor de alimentación del motor de la bomba, como respuesta a una instrucción recibida del ABSCM.

7.4 Interruptor de la luz de parada

Informa al ABSCM si se está pisando o no el pedal del freno como condición para determinar la operación del ABS.

7.5 Piloto de ABS

Alerta al conductor que hay una anomalía en el ABS. Estando conectados el conector de diagnóstico y el terminal de diagnóstico, la luz destella para indicar los códigos de averías como respuesta a una instrucción recibida del ABSCM.

7.6 Módulo de control de la transmisión automática (TCM) (Sólo vehículos con A/T)

Proporciona los controles para los cambios (fijando la velocidad en 3a o cambiando las características de transmisión entre las ruedas delanteras y traseras en un vehículo 4WD) como respuesta a una instrucción recibida del ABSCM.

7.7 Conector de diagnóstico

El autodiagnóstico es un proceso automático que permite al computador:

- Verificar sus periféricos.
- Adoptar una marcha, degradada prevista para cada tipo de avería detectada.
- Memorizar el o los fallos constatados en una memoria permanente con el fin de permitir una intervención posterior.
- Cualquier fallo detectado por el autodiagnóstico puede quedar memorizado en una memoria permanente y conservarse, incluso si no hay tensión de alimentación.

En la inicialización (puesta bajo tensión), el computador efectúa un cierto número de tareas destinadas a verificar que el sistema está en estado de arrancar.

- Pruebas internas del computador.
- Pruebas de uniones: alimentación, relé de electroválvulas, captadores.
- Interfaces hacia el exterior.
- Si estas pruebas, son correctas, esta fase finaliza con el apagado del testigo de fallo al cabo de 2,5 segundos.

- Cuando el vehículo ya está circulando existen varios tipos de auto-controles: algunos se efectúan de forma permanente, otros necesitan unas condiciones de funcionamiento particular (velocidad vehículo superior a un cierto umbral).

Tabla III Lista de códigos de avería

Código de avería	Contenido del diagnóstico	
11	Código de comienzo: <ul style="list-style-type: none"> • El código de avería aparece después del código de comienzo. • En condiciones normales, sólo aparece el código de comienzo. 	
21	Sensor del ABS anormal (Circuito abierto o muy alto voltaje de entrada)	Sensor del ABS delantero derecho
23		Sensor del ABS delantero izquierdo
25		Sensor del ABS trasero derecho
27		Sensor del ABS trasero izquierdo
22	Sensor del ABS anormal (Señal anormal del sensor del ABS)	Sensor del ABS delantero derecho
24		Sensor del ABS delantero izquierdo
26		Sensor del ABS trasero derecho
28		Sensor del ABS trasero izquierdo
29		Cualquiera de los cuatro
31	Circuito(s) anormal(es) de la válvula solenoide en la unidad hidráulica.	Válvula de admisión delantera derecha
32		Válvula de descarga delantera derecha
33		Válvula de admisión delantera izquierda
34		Válvula de descarga delantera izquierda
35		Válvula de admisión trasera derecha
36		Válvula de descarga trasera derecha
37		Válvula de admisión trasera izquierda
38		Válvula de descarga trasera izquierda
41	Módulo de control del ABS anormal	
42	El voltaje es bajo.	
44	Una combinación de anomalías de control de la T/A	
46	Voltaje anormal de alimentación del sensor G	
51	Relé de la válvula anormal	
52	Motor y/o rete del motor anormal	
54	Interruptor de la luz del freno anormal	
56	Voltaje de salida anormal del sensor G	

Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

7.8 Señal de switch de luz de freno

La información del contactor luces de freno tiene como misión permitir abandonar el modo ABS lo mas rápidamente posible cuando sea necesario. En efecto si el ABS esta funcionando y el conductor suelta el pedal de freno con el fin de interrumpir la frenada, la señal transmitida por el contactor de luz de freno permitirá cesar la regulación más rápidamente.

7.9 Sensor G (sólo para vehículos AWD)

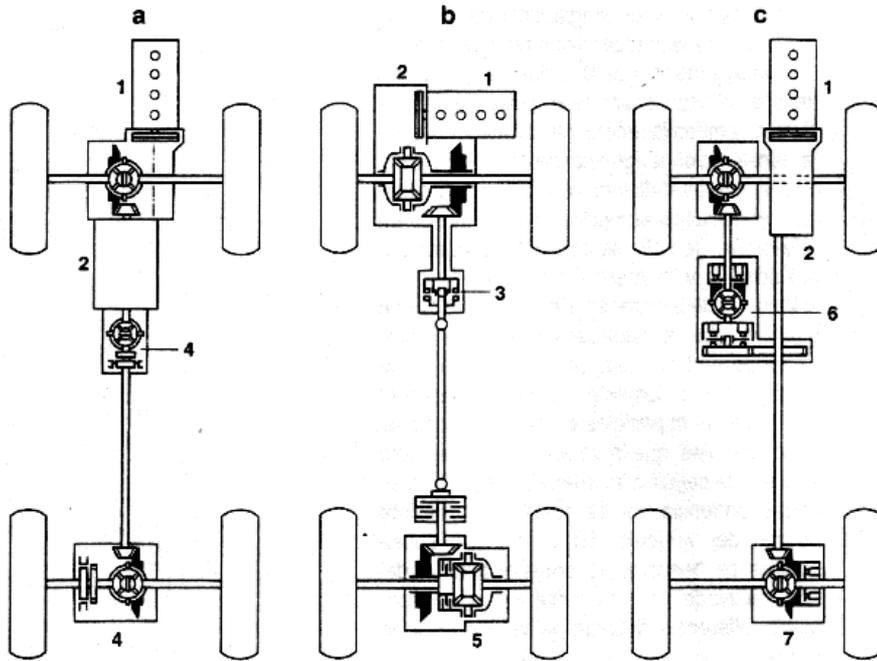
Detecta un cambio en G en la dirección longitudinal del vehículo y lo transmite al ABSCM en términos de un cambio en el voltaje.

7.10 Sistema de Tracción Total (AWD)

Para asegurar un óptimo funcionamiento del sistema de frenos ABS, también en estas condiciones, hay que tomar precauciones adicionales según el tipo de sistema de tracción total (figura 29).

Figura 29 Sistemas de tracción total.

a Sistema de tracción total 1, b Sistema de tracción total 2, c Sistema de tracción total 3.
1 Motor, 2 Caja de cambios, 3 Rueda libre y acoplamiento hidrodinámico, 4... 7 Diferencial con: bloqueo acoplable manualmente o bloqueo hidrodinámico (4), bloqueo porcentual (5), embrague automático y bloqueo automático (6), bloqueo automático (7).



Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

8. TIPOS DE FRENOS ABS SEGÚN SU APARICIÓN

8.1 ABS 2S

Es un sistema muy flexible, que permite la integración sin modificaciones en el sistema de frenado básico.

8.1.1 Funcionamiento

Durante la marcha unos sensores de revoluciones miden las velocidades de las ruedas en las ruedas delanteras y en el diferencial del eje trasero (ABS en ruedas delanteras) o en las cuatro ruedas (ABS en las cuatro ruedas). Si el aparato de mando reconoce por las señales recibidas por el sensor un peligro de bloqueo, realiza la activación de las válvulas electro magnéticas de las ruedas respectivas en la unidad hidráulica. Cada rueda delantera es influenciada por una válvula electromagnética a ella asignada, para que pueda, independientemente de las otras ruedas, aportar el mejor rendimiento posible de frenado (regulación individual). En el eje trasero la rueda con el menor coeficiente de fricción estática determina la presión conjunta en ambos frenos de las ruedas (principio de selección baja) en la distribución de eje delantero /eje trasero, solo una válvula electromagnética se encarga de la regulación de las ruedas traseras; en la distribución diagonal son necesarias dos válvulas electro magnéticas. En este principio de regulación se acepta, un mayor

recorrido de frenado, ya que la ganancia en estabilidad del vehículo compensa con mucho el reducido alargue del recorrido de frenado. El aparato de mando conmuta las válvulas electro magnéticas a tres posiciones diferentes:

- La primera posición (sin corriente) une uno con otro, el cilindro principal con el cilindro de freno de rueda; la presión de frenado de la rueda puede aumentar.
- La segunda posición (excitación con la mitad de la corriente máxima) separa el freno de la rueda de cilindro principal y del retorno, por lo que la presión de frenado de la rueda permanece constante.
- La tercera posición (excitación con el máximo de corriente) separa el cilindro principal y une al mismo tiempo uno con el otro, el freno de la rueda y el retorno, por lo que desciende la presión de frenado de la rueda. Con ello, no sólo se puede formar y descargar la presión de frenado continuamente, sino que, por medio de una activación a intervalos, también escalonadamente.

Según las características de la carretera se producen de 4 a 10 ciclos de regulación por segundo. Esta velocidad de reacción la logra el sistema ABS por el procesamiento electrónico de las señales y mediante tiempos de respuesta cortos.

Al comienzo de la marcha y después de cada parada del vehículo, el aparato de mando inicia un conector de diagnóstico que compruebe el regulador, el circuito de seguridad y la totalidad de la periferia.

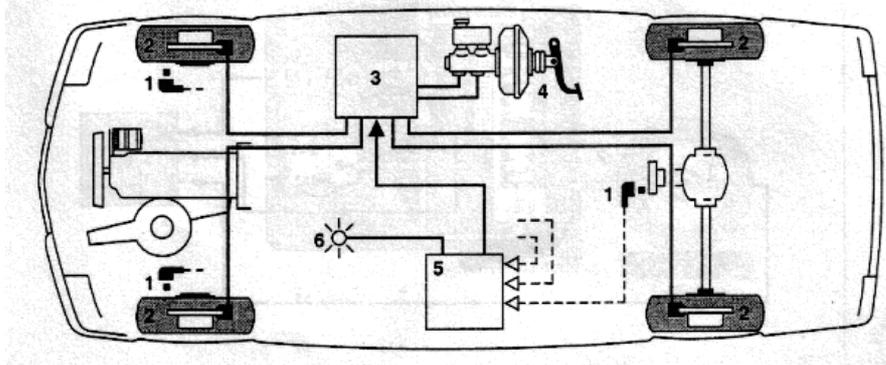
Con esta prueba se pueden comprobar partes del circuito que, al circular sin regulación de frenado no están activadas y cuya avería solamente se notaría durante la regulación de frenado en una posible situación de emergencia,

Una parte esencial del ciclo de conector de diagnóstico el circuito se auto verifica. Ésta auto verificación simula fallos y analiza seguidamente la reacción del circuito, incluidas las vías de desconexión. El conector de diagnóstico evita los fallos “dormidos” en el módulo de control.

Si se reconoce un fallo, se produce la desconexión del ABS y el piloto ABS (Lámpara de control en el tablero) señala al conductor, que solamente esta disponible el sistema de frenos básico. Este circuito de seguridad, con simulación de fallos gobernada por el ordenador, que garantiza un alto estándar de seguridad.

Figura 30 Vehículo de turismo con ABS 2S.

1 Sensores de revoluciones, 2 Cilindro de freno de rueda, 3 Grupo hidráulico, 4 Cilindro principal, 5 Aparato de mando, 6 Luz de control.



Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

8.2 ABS 5.0

Este sistema de frenos ABS es una evolución del acreditado ABS 2S. La aplicación del FMEA (análisis de influencia y posibilidad de fallos) garantiza la seguridad de la totalidad del sistema. El ABS 5.0 presenta las siguientes características como principales:

- Construcción modular para diferentes aplicaciones.
- Principio de recirculación con circuitos de frenos cerrados.
- Computadora de funcionamiento redundante (principio de dos computadoras) con amplio software de control.

En la distribución del circuito de freno coincide el ABS 5.0 con el 2S:

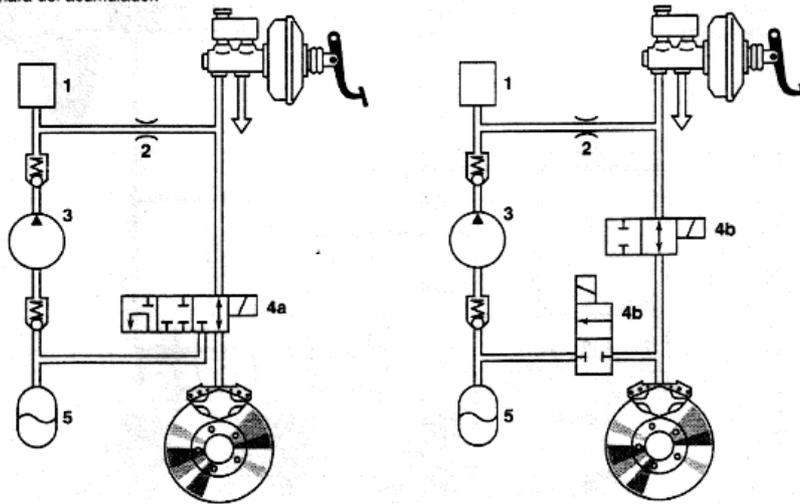
En la distribución del circuito de freno II (distribución eje delantero/eje trasero: en cada circuito se frena un eje) existe una versión de tres canales y una versión de cuatro canales.

En la distribución del circuito de X (distribución diagonal: en cada circuito se frena una rueda delantera y la trasera diagonalmente opuesta).

Figura 31 Comparaciones de los sistemas ABS

a ABS 2, b ABS 5.

1 Cámara amortiguadora, 2 Estrangulación, 3 Bomba de recirculación, 4a Válvula 3/3, 4b Válvulas 2/2, 5 Cámara del acumulador.



Fuente: Instalaciones de frenos para automóviles

8.2.1 Regulación

Cada microcontrolador calcula todas las dimensiones necesarias para la regulación de las señales, captadas por los sensores individuales de cada rueda (1). De las velocidades calculadas de la rueda se forma el deslizamiento de la rueda “casi proporcional” a la velocidad de referencia del vehículo. En el caso ideal, la velocidad de referencia se encuentra en la proximidad de la mayor fricción posible del deslizamiento. En el caso normal, se elige la velocidad de la rueda más rápida para obtener una velocidad de referencia auxiliar. La derivada de tiempo filtrada como resultado de esto, ofrece una medida de la aceleración del vehículo.

8.2.2 Control

Para la protección de la totalidad del procesamiento de señales y lógica electrónica como también del software de control (Conector de enlace de datos), el aparato de mando dispone de dos microcontroladores de funcionamiento redundante (funcionamiento redundante con control recíproco). Con idénticas señales de entrada, las señales de salida de ambos microcontroladores también deben ser idénticas. Si durante un determinado tiempo se produce una divergencia lógica entre la excitación y la confirmación, se reconoce un fallo y el ABS se desconecta. De esta forma se realiza un control sin interrupciones del procesamiento y la lógica de señales.

Todas las conducciones a los siguientes componentes en la periferia, son controladas continuamente: Sensores, válvulas electro magnéticas y conmutador de luz de freno.

El aparato de mando controla además:

- El estado de conexión del motor de la bomba de recirculación.
- El funcionamiento interior del motor de la bomba de recirculación por medio de medición de la tensión.
- El nivel de tensión para localizar interrupciones.
- La velocidad de la rueda y de referencia al arrancar.
- El deslizamiento estático durante la marcha.
- Las revoluciones dinámicas a altas velocidades.
- Los tiempos de excitación de las válvulas electromagnéticas.
- Los fallos de medición basados en interferencias de fuentes de fallos externas.

Después de cada inicio de marcha y al sobrepasar la velocidad del vehículo los 6km/h, las válvulas electro magnéticas y el motor de la bomba se excitan eléctricamente y se interroga el cauce de ejecución de las etapas finales. Tan pronto como en las medidas de control descritas anteriormente aparece un fallo, se desconecta el sistema ABS y se enciende el la luz de control de ABS (piloto ABS).

8.2.3 Diagnóstico

Si responde el reconocimiento de fallos, se puede desconectar después de la valoración de fallo el ABS inmediatamente o al final de la regulación de frenado. Antes de esto se registra el fallo en la memoria de averías. Por medio de la interfase de diagnóstico (conector de diagnóstico, Norma ISO/DIS 9141) esa información de fallo, entre otras, puede ser leída por el servicio post-venta.

8.3 ABS 5.3

Este sistema esta concebido para vehículos con instalaciones de freno menores y tiene con el mismo volumen funcional del ABS 5.0, unas dimensiones constructivas considerablemente inferiores. Entre los dos sistemas existe por ello, una gran diferencia de peso y de volumen. La reducción de la longitud del montaje, decisiva para la instalación y del peso, resultan de una reducción notable del largo del servomotor y una composición más compacta de las partes.

Las válvulas electro magnéticas presentan una estructura dividida estando las piezas hidráulicas integradas en la unidad hidráulica mientras las partes eléctricas (cuerpos de las bobinas) se encuentran en la parte desmontable del aparato de mando.

El aparato de mando electrónico se puede colocar, como aparato de mando de montaje adosado, directamente con la unidad hidráulica (con zócalo desmontable) o dispuesto separadamente (con cola de cable). La electrónica, realiza en forma de construcción híbrida del aparato de mando de montaje adosado.

9. ESPECIFICACIÓN DEL LÍQUIDO DE FRENOS

Los líquidos de frenos sirven como medio hidráulico para transmitir fuerza en los sistemas de freno. Deben cumplir exigencias elevadas para un funcionamiento seguro de los frenos. Estas exigencias están fijadas en diferentes normas, muy parecidas en contenido (SAE J1703, FMVSS 116, ISO4925).

9.1 Punto de equilibrio de ebullición

El punto de equilibrio de ebullición es una medición sobre la capacidad térmica de un líquido de frenos. La carga puede ser muy elevada especialmente en los cilindros de frenos de rueda (con las mayores temperaturas en el sistema de frenos). En temperaturas sobre el punto de ebullición real del líquido de frenos, se forman burbujas de vapor. Ya no es posible el accionamiento de los frenos.

9.2 Punto de ebullición húmedo

El punto de ebullición húmedo es el punto de equilibrio de ebullición del líquido de freno, después de haber incorporado agua debajo de determinadas

condiciones definidas. Sobre todo el líquido higroscópico (a base de glicol) se logra con ello un marcado descenso del punto de ebullición.

La comprobación del punto de ebullición debe establecer las características del líquido de frenos usado, puede incorporar agua principalmente por difusión a través de los tubos flexibles del sistema de frenos. La renovación del líquido se requiere necesariamente para la seguridad de la instalación de frenos, teniéndose en cuenta la purga.

9.3 Viscosidad

La dependencia térmica de la viscosidad debe ser en lo posible pequeña, para asegurar en un amplio margen de aplicación (-40°C a 100°C), un funcionamiento seguro de los frenos. Especialmente en las instalaciones del sistema ABS, es una ventaja mantener en lo posible una temperatura inferior de viscosidad baja.

9.4 Hinchazón de elastómeros

Cada tipo de freno requiere una adaptación de los elastómeros empleados en las instalaciones de frenos. Una pequeña hinchazón de los elastómeros es deseable. Sin embargo no debe de ser mayor al 16%, pues de lo contrario se reduce la resistencia de estas piezas. Cuando se contamina un líquido de freno glicol, aunque sea con pequeñas partículas de un aceite mineral, se pueden destruir las piezas de goma, lo que tiene como consecuencia la avería del sistema de frenos ABS.

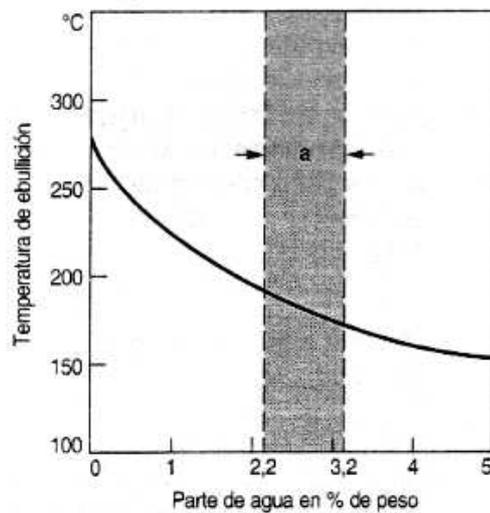
Exceptuando unos pocos casos las instalaciones de frenos hidráulicos sólo deben de ser llenadas con un líquido especial que cumpla con las siguientes especificaciones:

- El punto de ebullición debe situarse como mínimo a unos 260°C, a fin de conservar el efecto de frenado de la instalación durante largos trayectos de descenso.
- Las piezas hidráulicas deberán trabajar perfectamente incluso a temperaturas sumamente bajas.
- Debe garantizarse la neutralidad respecto a piezas de goma o de metal utilizadas en la instalación de frenos. Según FMVSS 116, los líquidos de frenos no pueden presentar, con respecto a los metales usados en las instalaciones de freno, ningún tipo de acción corrosiva. Solamente el empleo de aditivos posibilita la protección necesaria contra la corrosión.
- Las propiedades químicas y físicas no deberán modificarse ni a causa de un moderado almacenamiento, ni debido al enfriamiento o calentamiento.
- El líquido para frenos debe tener un punto de ebullición muy alto.
- El líquido de frenos debe ser capaz de absorber una determinada cantidad de agua sin cambiar su forma.
- Los líquidos de frenos absorben la humedad del aire. Dado que al aumentar el contenido de agua, el punto de ebullición del líquido desciende considerablemente, aumenta el peligro de que los frenos fallen debido a la formación de burbujas de vapor.
- La viscosidad del líquido de frenos debe modificarse muy poco a bajas temperaturas y continuar fluyendo suavemente.

- La compresibilidad debe ser baja y en lo posible, poco dependiente de la temperatura.
- Debe proporcionar lubricación para asegurar el suave movimiento del cilindro de freno y del sello del pistón.
- Para mantener la hermeticidad del sistema de frenos y para mantener los corrosivos fuera del líquido, éste debe contar con propiedades anticorrosivos.
- No debe producir espuma a la hora del llenado o de la purga, por eso dentro de sus propiedades debe poseer un aditivo antiespumante.

Figura 32 Fases de la temperatura de ebullición del líquido de frenos.

a Parte de agua después de dos o tres años.



9.5 Estándares DOT del líquido de frenos

El American Department of Transportation (DOT) expide actualmente los estándares de seguridad más altos para los líquidos de frenos. Teniendo como tabla base la que se presenta a continuación.

Tabla IV Punto de ebullición de los diferentes tipos de líquido de frenos.

Grado	Punto de Ebullición		VISC(-40°C)
	Seco	Húmedo	
DOT 3	> 205°C	> 140°C	1500
	> 401°F	> 284°F	
DOT 4	> 230°C	> 155°C	1800
	> 446 °F	> 311°F	
DOT 5	> 260°C	> 180°C	900
	> 500°F	> 356°F	

Los líquidos de frenos más usados, a base de poliglicoléter, son higroscópicos; es decir, absorben el agua de su entorno. Así se evita que el agua que ha penetrado en el sistema de frenos se congele a bajas temperaturas y bloquee orificios importantes. Los líquidos de frenos también están enriquecidos con aditivos para proteger de posibles daños por efecto de la corrosión.

9.6 Líquido de frenos usados en sistemas ABS

Conforme pasa el tiempo los fabricantes de los líquidos de frenos van mejorando sus productos, donde podemos encontrar como recientes los líquidos de frenos con silicón (DOT 5), el uso de este líquido de frenos, no se ha extendido. Debido a que este tipo de líquido no puede absorber agua y requiere unos sistemas cerrados construidos especialmente y por lo tanto, muy caros, por eso han sido utilizados en amortiguadores y como líquido hidráulico ya que cumplen con una excepcional calidad.

En sistemas de frenos ABS, los omitimos, debido a su principal componente el silicón, el cual en algunas situaciones puede tener una mala reacción con los componentes de un sistema ABS en sí, o como se mencionó anteriormente no absorbe agua, lo cual ocasionaría desperfectos en el sistema a la hora de ponerlo a funcionar a temperaturas bajas . Por eso en un sistema ABS se debe de usar un líquido de frenos que posea base de castor, de glicol, glicol-éter, (como lo son ya sea el líquido de frenos DOT 3 ó DOT 4).

10. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE FRENOS ABS

10.1 Para el correcto mantenimiento del sistema de frenos ABS; La compañía con mayor experiencia en este sistema recomienda

- Una vez al año o cada 20.000 km hacer una revisión completa del sistema de frenos. En esta, se debe hacer una verificación del estado de la bomba de freno y los bombines de rueda (que no presenten síntomas de agarrotamiento ni fugas de líquido), la presión del sistema y el servofreno.
- Hacer cambio de líquido de frenos cada año, debido a que al aumentar el contenido de agua, el punto de ebullición del líquido disminuye provocando formación de burbujas de vapor, haciendo más propenso que los frenos fallen.
- Usar solamente líquido de frenos Supreme11 (GM 1052542) o el equivalente líquido de frenos DOT 3. El uso de líquido de frenos DOT 5 (silicón) no es recomendable; ya que puede reducir la durabilidad y el rendimiento del sistema de frenos ABS.
- Evite derramar líquido de frenos sobre cualquier superficie pintada, alambrados, cables o conectores eléctricos. El líquido de frenos puede dañar la pintura y conexiones eléctricas. Si algo de fluido es derramado sobre el vehículo, lave con agua para reducir el daño.

- Cuando se remueva un sujetador, siempre reinstalarlo en el mismo lugar de donde fue removido. Si es número de parte correcto del sujetador no esta disponible puede ser usado un sujetador del mismo tamaño y resistencia. Los sujetadores que no son rehusados y aquellos que requieren compuesto antioxidante pueden ser desechados.
- El valor correcto del par de apriete debe ser aplicado cuando se instale un sujetador. Si las condiciones citadas anteriormente no son respetadas, el sistema de frenos ABS o parte del mismo pueden resultar dañadas.
- El uso de mangueras de plástico u otras partes no especificadas para el sistema de frenos ABS puede conducir a problemas de funcionamiento haciendo necesario el reemplazo de partes hidráulicas. Utilizar todos los componentes incluidos en los conjuntos de piezas para de reparación que se utiliza para dar servicio a este sistema. Hay que lubricar las partes de hule con líquido de frenos limpio para facilitar su ensamble. No use aire lubricado en el sistema de frenos ABS ya que esto puede dañar los componentes de plástico. Si algún componente hidráulico es removido o la línea de frenos es desconectada, es necesario hacer la purga total del sistema de frenos ABS. Las especificaciones para el par de apriete son para sujetadores secos, sin lubricación.
- El nivel del líquido de frenos deberá mantenerse dentro de unos límites, y por eso se debe revisar de forma periódica y sustituirlo según las recomendaciones del fabricante.

- Es recomendable utilizar los recambios aconsejados por el fabricante.
- Para su mantenimiento, será necesario revisar las conexiones y cableados del sistema eléctrico del ABS, así como el funcionamiento de todos los componentes del sistema periódicamente.
- Al desconectar la batería no hacerse con el vehículo en funcionamiento.
- Al manejar el vehículo no conectar ningún aparato de comprobación del sistema ABS.
- Los cables de la batería deben estar conectados al arrancar el motor.
- No cambiar el diámetro de los neumáticos.
- Comprobar la tensión de la batería y el fusible que protege el sistema.
- Las tomas de masa deben estar bien sujetas y sin oxidaciones.

11. FORMA DE PROBAR LOS DISPOSITIVOS QUE INTEGRAN EL SISTEMA DE FRENOS ABS

Para probar los diferentes tipos de elementos que integran el sistema ABS, este trabajo de graduación se basará en tres automóviles de diferente marca, y que a la vez tienen diferentes tipos de sistemas ABS montados.

11.1 Marca: BMW

País de origen: Alemania

Código de motor: 448S1

Modelo: 1998

Motor: 4.4, 540l

Sistema de frenos ABS: BOSCH 5.0/TCS (Total Control System)

Frecuencia de destellos correcta ABS

- Poner la llave en posición ON (dé el contacto).
- El testigo se ilumina.
- El testigo se apaga al cabo de dos segundos.

Si no es así:

- Quite el contacto y pruebe el fusible.
- Desenchufe el conector de módulo ABS.
- Poner la llave en posición ON (dé el contacto).
- Compruebe que se ilumina el testigo, si no lo hace
- Quite el contacto, luego compruebe cableado y bombilla.

Especificaciones del equipo de ABS

- El módulo de control ABS incorpora una función de autodiagnos.
- El testigo ABS se encenderá en caso de fallo del sistema.
- No hay códigos de avería digitales aplicables a este modelo en específico.
- Los errores de memoria del módulo de control ABS sólo se puede comprobar con un equipo de diagnosis adecuado conectado al conector de transmisión de datos o al enchufe de diagnosis del ABS.

Condiciones previas

- Compruebe si existe juego excesivo en la rueda. Ajustelo o sustituya, según sea necesario.
- Compruebe la seguridad del mecanismo de los sensores de velocidad.
- Examine visualmente los anillos de los sensores de velocidad de la rueda para ver si están limpios o si tienen daños.

Comprobación

- Los entrehierros del sensor de velocidad no son ajustables.
- Si se quita o sustituye; apriete con un par torsor de 6 – 8 Nm.

Comprobación de la resistencia – delantera y trasera-

Tabla V Resistencia del tensor de velocidad

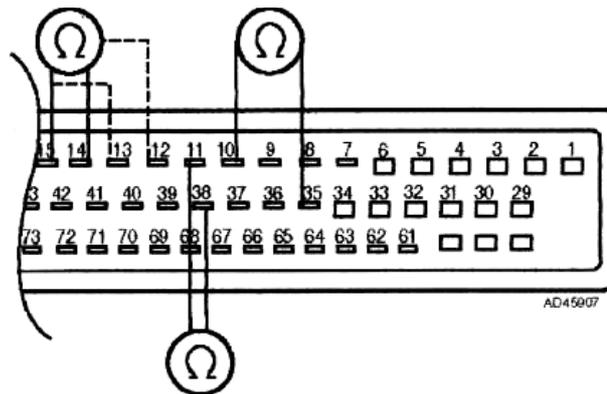
Datos técnicos	
Sensor de velocidad de rueda	Resistencia
Izquierda	2500-4500Ω
Derecha	2500-4500Ω

- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Desenchufe el conector de módulo de control ABS.
- Enchufe la caja de pruebas al conector del mazo de cables.
- Compruebe la resistencia entre las terminales de la caja de pruebas

Si la resistencia es distinta a la especificada:

- Desenchufe el conector del sensor de velocidad de la rueda correspondiente.
- Posiblemente el sensor de velocidad este defectuoso.
- Compruebe la resistencia entre los terminales del sensor de velocidad de la rueda (Figura 33)

Figura 33 Comprobación de la resistencia ABS5.0/TCS



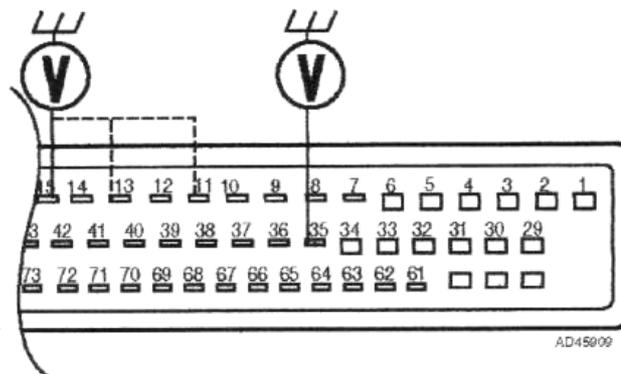
Fuente: Autotronic

Si la resistencia es la especificada:

-Compruebe el cableado.

Comprobación de la tensión –delantera y trasera (figura 34)

Figura 34 Comprobación de la tensión ABS5.0/TCS



Fuente: Autotronic

Tabla VI Tensión del sensor de velocidad

Datos técnicos	
Sensor de velocidad de rueda	Tensión
Izquierda	0.5 ó 2.5 V, aprox (conmutación)
Derecha	0.5 ó 2.5 V, aprox (conmutación)

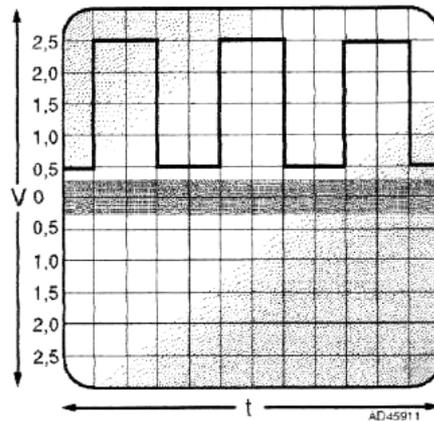
- Asegúrese que no este dado el contacto
- Eleve el vehículo.
- Desenchufe el conector del módulo de control ABS.
- Conecte la caja de pruebas entre el módulo de control ABS y el conector de mazo de cables.
- Poner la llave en posición ON (dé el contacto).
- Gire lentamente la rueda.
- Compruebe la tensión entre la terminal de la caja de pruebas y tierra.

Si la tensión es distinta a la especificada:

- Compruebe el cableado y el sensor de rueda.

Comprobación de la forma de onda -delantera y trasera- (Figura 35)

Figura 35



Fuente: Autotronic

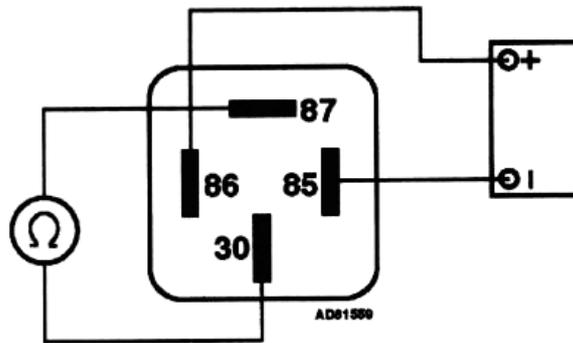
- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Eleve el vehículo.
- Desenchufe el módulo de control ABS.
- Conecte la caja de pruebas entre el módulo de control ABS y el conector de mazo de cables.
- Conecte el osciloscopio entre los terminales de la caja de pruebas.
- Poner la llave en posición ON (dé el contacto).
- Gire la rueda aproximadamente a 60 RPM
- Compruebe la forma de onda y la tensión del sensor de velocidad de la rueda.

Si la forma de onda o la tensión no coincide con la especificada:

- Compruebe el cableado y el sensor de velocidad de la rueda.
- Repita la prueba para otro sensor de velocidad de rueda.

Comprobación de funcionamiento del relé que controla el sistema ABS (Figura 36)

Figura 36

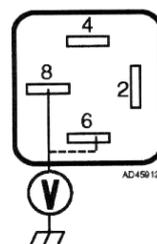


Fuente: Autotronik

- Asegúrese que la alimentación de la batería este correctamente conectada, de lo contrario se podría dañar el relé.
- No debe estar dado el contacto.
- Desmonte el relé ABS
- Compruebe la resistencia entre los terminales del relé.
- Conecte la alimentación de la batería a los terminales del relé especificados.
- Compruebe la resistencia entre los terminales del relé nuevamente.

Comprobación de la tensión de alimentación –relé ABS- (Figura 37)

Figura 37



Fuente: Autotronik

Tabla VII Comprobación de la tensión de alimentación

Datos técnicos		
Terminales	Estado	Tensión
8 y Tierra (-)	Contacto quitado	Tensión de la batería
6 y Tierra (-)	Contacto dado	Tensión de la batería

-El módulo de control ABS debe estar montado y en buen estado de funcionamiento para llevar a cabo las comprobaciones de tensión de alimentación.

-No debe estar dado el contacto.

-Compruebe la tensión entre el terminal de la base del relé y tierra (-).

- Poner la llave en posición ON (dé el contacto).

-Compruebe la tensión entre el terminal de la base del relé y tierra (-).

Comprobación del motor de la bomba del ABS

-Asegúrese que no este dado el contacto.

-Desmante el relé del motor de bomba.

-conecte la alimentación de la batería a los terminales del relé especificados.

-compruebe la resistencia entre los terminales del relé.

-No deje funcionar la bomba por más de dos segundos.

Tabla VII.a Comprobación de la tensión de alimentación

Datos técnicos		
Terminales	Estado	Tensión
51 y Tierra (-)	Contacto quitado	Tensión de batería
1 y Tierra (-)	Contacto dado	Tensión de batería
24 y Tierra (-)	Motor al ralentí	Tensión de batería

- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Desenchufe el conector del módulo de control ABS.
- Enchufe la caja de pruebas al conector de mazo de cables.
- Compruebe la tensión entre la terminal de la caja de pruebas y Tierra (-).
- Poner la llave en posición ON (dé el contacto).
- Compruebe la tensión entre la terminal de la caja de pruebas y Tierra (-).
- Arranque el motor, dejándolo en ralentí.
- Compruebe la tensión entre la terminal de la caja de pruebas y Tierra (-).

Si la tensión es distinta a la especificada:

- Compruebe el cableado, los fusibles y los relés.

Tabla VIII Comprobación de conexión a Tierra

Datos técnicos	
Terminales	Resistencia
28 y Tierra (-)	Cero
29 y Tierra (-)	Cero
55 y Tierra (-)	Cero

- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Desenchufe el conector del módulo de control ABS.
- Enchufe la caja de pruebas al conector del mazo de cables.
- Compruebe la resistencia entre las terminales del conector de mazo de cables y Tierra (-).

Si la resistencia es distinta a la especificada:

-Compruebe el cableado.

Tabla IX Comprobación de electroválvulas

Datos técnicos		
Terminales	Electroválvulas	Resistencia
7 y 15	Entrada delantera izquierda	7.4-13.2Ω
6 y 15	Salida delantera izquierda	3.8-6.9Ω
8 y 15	Entrada delantera derecha	7.4-13.2Ω
5 y 15	Salida delantera derecha	3.8-6.9Ω
10 y 15	Entrada trasera izquierda	7.4-13.2Ω
11 y 15	Salida trasera izquierda	3.8-6.9Ω
9 y 15	Entrada trasera derecha	7.4-13.2Ω
13 y 15	Salida trasera derecha	3.8-6.9Ω

-Asegúrese que no este dado el contacto.

-Desenchufe el conector del modulador hidráulico.

-Compruebe la resistencia entre las terminales del modulador hidráulico.

Tabla X Comprobación de electroválvulas de control de tracción

Datos técnicos	
Terminales	Resistencia
1 y 15	7.4-13.2Ω
2 y 15	7.4-13.2Ω

-Asegúrese que no este dado el contacto.

-Desenchufe el conector del módulo hidráulico.

-Compruebe la resistencia entre los terminales del modulador hidráulico.

Tabla XI Comprobación de resistencia “sensor de posición de mariposa”

Datos técnicos	
Terminales	Resistencia
1 y 3	3200-4800Ω (Aprox)

- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Desenchufe el conector del sensor de posición de la mariposa.
- Compruebe la resistencia entre los terminales del sensor de posición de la mariposa.

Tabla XII Comprobación de resistencia “motor de mariposa”

Datos técnicos	
Terminales	Resistencia
1 y 2	1Ω (Aprox)

- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Desenchufe el conector del motor de la mariposa.
- Compruebe la resistencia entre las terminales del motor de la mariposa.

Tabla XIII Comprobación “interruptor principal de control de tracción”

Datos técnicos		
Terminales	Estado	Tensión
44 y Tierra (-)	Interruptor desconectado	Cero
44 y Tierra (-)	Interruptor conectado	Tensión de batería

- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Enchufe la caja de pruebas al conector del mazo de cables.
- Poner la llave en posición ON (dé el contacto).
- Compruebe tensión entre terminal de la caja de pruebas y Tierra (-).

Especificaciones de donde se encuentran los componentes del sistema ABS

3 – Conector de transmisión de datos.

9 – Módulo hidráulico ABS.

15 – Sensor de posición de mariposa (3 terminales)

12 – Relé del motor de la bomba ABS (Rosado).

16 – Motor de la mariposa

Tablero:

5- Módulo de control ABS

7- Fusible (dentro de la guatera)

14- Relé ABS (Rosado).

(Otros números son para los vehículos que poseen el volante del lado derecho).

Figura 38 Ubicación de los diferentes componentes ABS en BMW 540I

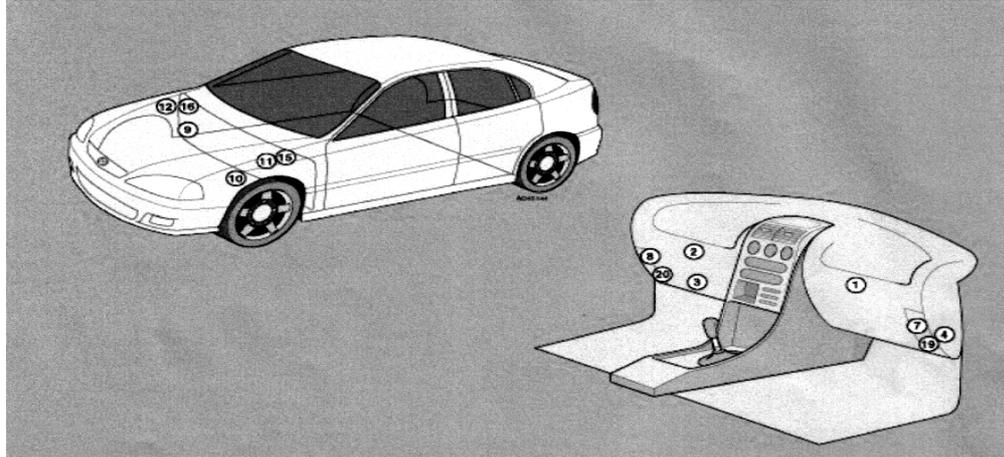


Figura 39 Diagrama de conexión eléctrica ABS5.0/TCS

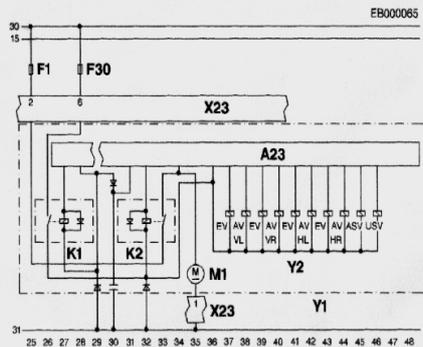


BOSCH
ESI [tronic]
Electronic Service Information

26/10/2005
03:46:20 p.m.

Diagnóstico SIS/CAS

Vehículo BMW / 540 i / 01/1996 - / Berlina
País de fabricación ZA
Cilindrada/Potencia 4.4 / 210 kW
Identificación del motor 44 8 S1/S2
Clave RB BMW 563
Sector Tren de rodaje
Sistema Reg. antideslizante ace. / ABS/ASR 5.7



ESQUEMA DE CONEXIONES ELECTRICAS

A23 = Unidad de mando ABS/ASR
F1 = Fusible de motor de bomba de 50 A en portafusibles de habitáculo

Y1 = Grupo hidráulico
Y2 = Electroválvulas
AV = Electroválvula de salida

Diagnóstico SIS/CAS

BMW / 540 i / 01/1996 - / Berlina (BMW 563)

HL/HR = detrás izquierda/detrás derecha
F17 = Fusible interruptor ASR de 10 A en portafusibles de guantera
H1 = Lámpara de aviso ABS
H2 = Lámpara de aviso ASR
H3 = Lámpara de aviso de frenos
S1 = Interruptor ASR

revoluciones delantero izquierdo
X93 = Enchufe de transmisor de número de revoluciones delantero derecho
X94 = Enchufe de transmisor de número de revoluciones trasero izquierdo
X95 = Enchufe de transmisor de número de revoluciones trasero derecho

26/10/2005
03:45:07 p.m.

Continuación Figura 39

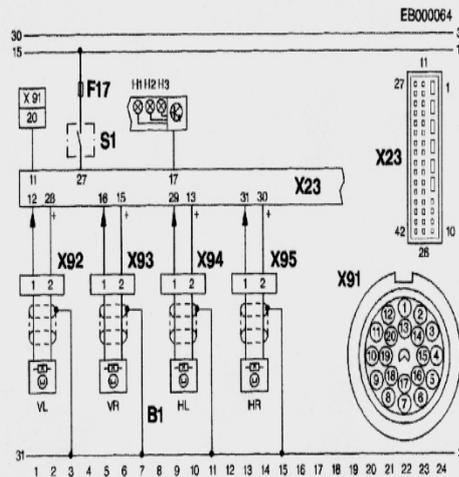


BOSCH
ESI [tronic]
 Electronic Service Information

26/10/2005
 03:45:07 p.m.

Diagnóstico SIS/CAS

Vehículo BMW / 540 i / 01/1996 - / Berlina
 País de fabricación ZA
 Cilindrada/Potencia 4.4 / 210 kW
 Identificación del motor 44 8 S1/S2
 Clave RB BMW 563
 Sector Tren de rodaje
 Sistema Reg. antideslizante ace. / ABS/ASR 5.7



ESQUEMA DE CONEXIONES ELECTRICAS

B1 = Transmisores de número de revoluciones activos
 (VL /VR = delante izquierda/del. derecha)

X23 = Enchufe de unidad de mando ABS/ASR
 X91 = Conexión de diagnóstico
 X92 = Enchufe de transmisor de número de

Diagnóstico SIS/CAS

BMW / 540 i / 01/1996 - / Berlina (BMW 563)

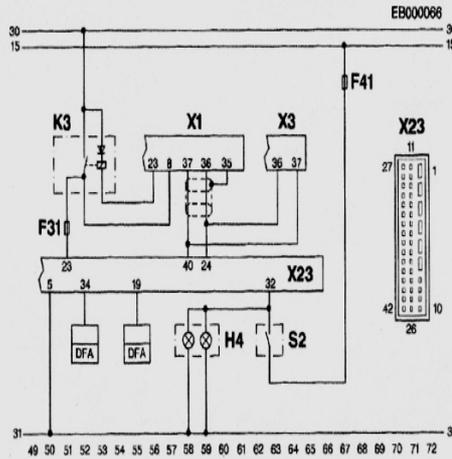
26/10/2005
 03:46:20 p.m.

F30 = Fusible de electroválvulas de 25 A en portafusibles de guantera
 K1 = Relé de válvula (relé de tarjeta de circuitos impresos)
 K2 = Relé de la bomba (relé de tarjeta de circuitos impresos)
 M1 = Motor de la bomba
 X23 = Enchufe de unidad de mando ABS/ASR

EV = Electroválvula de entrada
 ASV = Electroválvula de aspiración
 USV = Válvula de conmutación
 Coordinación de canales
 VL/VR = delante izquierda/delante derecha
 HL/HR = detrás izquierda/detrás derecha

Diagnóstico SIS/CAS

Vehículo BMW / 540 i / 01/1996 - / Berlina
 País de fabricación ZA
 Cilindrada/Potencia 4.4 / 210 KW
 Identificación del motor 44 8 S1/S2
 Clave RB BMW 563
 Sector Tren de rodaje
 Sistema Reg. antideslizante ace. / ABS/ASR 5.7



ESQUEMA DE CONEXIONES ELECTRICAS

DFA = Señales de salida de número de revoluciones
 F31 = Fusible de sistema ABS de 10 A

H4 = Lámparas de freno
 K3 = Relé principal Motronic
 S2 = Interruptor de luz de freno

Diagnóstico SIS/CAS

BMW / 540 i / 01/1996 - / Berlina (BMW 563)
 en portafusibles de guantera
 F41 = Fusible lámparas de freno de 5 A en portafusibles de guantera

X1 = Unidad de mando Motronic
 X3 = Unidad mando cambio (automático)
 X23 = Unidad de mando ABS/ASR

11.2 Marca: HONDA

País de origen: Japón

Código de motor: B16A2

Modelo: 1999

Motor: 1.6 (DOHC)

Estilo: Civic

Sistema de frenos ABS: BOSCH 5.3

Frecuencia de destellos correcta

- Poner la llave en posición ON (dé el contacto).
- El testigo se ilumina.
- El testigo se apaga al cabo de tres segundos.

Especificaciones del equipo ABS

No pise el pedal de freno durante la autodiagnosis.

- Asegúrese de que no este dado el contacto.
- Puntee las terminales 3 y 5 del conector de trasmisor de datos (figura 40).
- Poner la llave en posición ON (dé el contacto).
- El testigo deberá parpadear.
- Los destellos largos indican las “decenas” del código de averías (Figura 41<A>).
- Los destellos cortos indican las “unidades” del código de averías (Figura 41).
- Una pausa corta separa cada parpadeo (Figura 41).
- Una pausa larga separa cada código de avería (Figura 41<D>).
- Por ejemplo; un parpadeo largo seguido de dos parpadeos cortos indica el código de avería 12 (Figura41).

- Cuenta los parpadeos del testigo. Compare con el código de averías.
- Quite la llave de la posición ON.
- Desmante el cable de usado para hacer puente.

Figura 40 Comprobación de tensión ABS 5.3

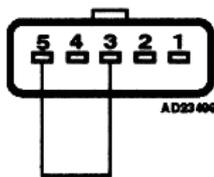
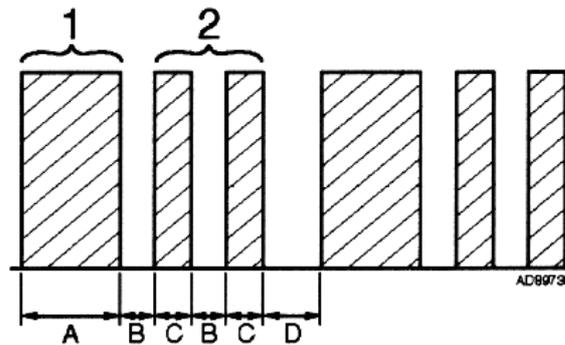


Figura 41 Comprobación de la onda ABS 5.3



Fuente: Autotronik

Comprobación

- Poner la llave en posición ON (dé el contacto).
- Compruebe que se ilumina el testigo.
- Si no es así: quite el contacto.
- Desenchufe el conector del módulo de control ABS.
- Poner la llave en posición ON (dé el contacto).
- Compruebe que se ilumina el testigo.
- Si no es así: Revise la bombilla y el seguro.

Tabla XIV Tabla de códigos de avería

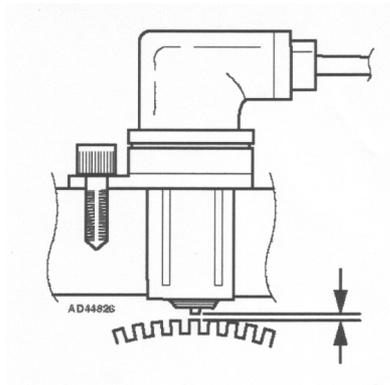
Código de avería	Localización de la avería
11	Sensor de velocidad de la rueda, delantera derecha - circuito abierto
12	Sensor de velocidad de la rueda, delantera derecha - cortocircuito
13	Sensor de velocidad de la rueda, delantera izquierda - circuito abierto
14	Sensor de velocidad de la rueda, delantera izquierda - cortocircuito
15	Sensor de velocidad de la rueda, trasera derecha - circuito abierto
16	Sensor de velocidad de la rueda, trasera derecha - cortocircuito
17	Sensor de velocidad de la rueda, trasera izquierda - circuito abierto
18	Sensor de velocidad de la rueda, trasera izquierda - cortocircuito
21	Diente de anillo dañado
31	Electroválvula, entrada delantera derecha
32	Electroválvula, salida delantera derecha
33	Electroválvula, entrada delantera izquierda
34	Electroválvula, salida delantera izquierda
35	Electroválvula, entrada trasera derecha
36	Electroválvula, salida trasera derecha
37	Electroválvula, entrada trasera izquierda
38	Electroválvula, salida trasera izquierda
51	Motor de la bomba - bloqueado
52	Motor de la bomba - no funciona
53	Motor de la bomba - constantemente en marcha
54	Relé - no funciona
61	Tensión de alimentación baja
81	Relé/módulo de control de combinación

Condiciones previas

- Compruebe si existe juego excesivo en la rueda. Ajústelo o sustituya, según sea necesario.
- Compruebe la seguridad del mecanismo de los sensores de velocidad.
- Examine visualmente los anillos del sensor de velocidad de la rueda para ver si están limpios o si tienen daños.

Comprobación del entrehierro ABS5.3 (Figura 42)

Figura 42



Fuente: Autotronik

- Coloque un diente del anillo del sensor frente al sensor de velocidad de rueda.
- Mida el entrehierro del sensor de velocidad.
- Los entrehierros del sensor de velocidad no son ajustables.
- Si se quita o sustituye: apriete con un par torsor de 10Nm.

Tabla XV Comprobación de la resistencia –delantera-

Datos técnicos		
Terminales	Sensor de velocidad de rueda	Resistencia
6 y 7	Izquierda	600-950Ω
4 y 5	Derecha	600-950Ω

- Asegúrese de que no este dado el contacto.
- Desenchufe el conector del módulo de control ABS.
- Compruebe la resistencia entre los terminales del conector del mazo de cables.

Si la resistencia es distinta a la especificada

- Desenchufe el conector del sensor de velocidad de la rueda correspondiente.
- Compruebe la resistencia entre los terminales del sensor de velocidad de rueda.

Tabla XVI Comprobación de la resistencia –trasera-

Datos técnicos		
Terminales	Sensor de velocidad de rueda	Resistencia
8 y 9	Izquierda	700-1100Ω
1 y 3	Derecha	700-1100Ω

- Asegúrese de que no este dado el contacto.
- Desenchufe el conector del módulo de control ABS.
- Compruebe la resistencia entre los terminales del conector del mazo de cables.

Si la resistencia es distinta a la especificada

- Desenchufe el conector del sensor de velocidad de la rueda correspondiente.
- Compruebe la resistencia entre los terminales del sensor de velocidad de rueda.
- Posiblemente el sensor de velocidad este defectuoso.
- Si la resistencia es la especificada: compruebe el cableado.

Tabla XVII Comprobación de la tensión – delantera y trasera-

Datos técnicos		
Terminales	Sensor de velocidad de rueda	Tensión
6 y 7	Izquierda	53mV≈mín
4 y 5	Derecha	53mV≈mín

Solo que en la parte trasera las terminales son: 8 y 9, 1 y 3.

- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Eleve el vehículo.
- Desenchufe el conector del módulo de control ABS.
- Ajuste el multímetro para medir la corriente alterna.
- Gire la rueda aproximadamente a 60RPM.
- Compruebe la tensión entre las terminales del conector de mazo de cables.

Si la tensión es distinta a la especificada

- Desenchufe el conector del sensor de velocidad de la rueda correspondiente.
- Gire la rueda aproximadamente a 60RPM.
- Compruebe la tensión entre los terminales del sensor de velocidad de rueda.
- Si la tensión es la especificada: compruebe el cableado.

Tabla XVIII Comprobación de la forma de onda –delantera y trasera-

Datos técnicos		
Terminales	Sensor de velocidad de rueda	Tensión
6 y 7	Izquierda	0.15mV≈mín
4 y 5	Derecha	0.15mV≈mín

Solo que en la parte trasera las terminales son: 8 y 9, 1 y 3.

- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Eleve el vehículo.
- Desenchufe el conector del módulo de control ABS.
- Conecte el osciloscopio entre las terminales del conector de mazo de cables.
- Gire la rueda aproximadamente a 60RPM.
- Compruebe la forma de onda y la tensión del sensor de velocidad de rueda.

Si la forma de onda o la tensión no coinciden a la especificada

- Desenchufe el conector del sensor de velocidad de la rueda correspondiente.
- Gire la rueda aproximadamente a 60RPM.
- Compruebe la forma de onda y la tensión entre los terminales del sensor de velocidad de rueda.
- Si la forma de onda y la tensión coinciden con la especificada: posiblemente el sensor de la rueda esté defectuoso.
- Repita la prueba para otro sensor de velocidad de rueda.

Tabla XIX Comprobación de la tensión de alimentación

Datos técnicos		
Terminales	Estado	Tensión
17 y Tierra (-)	Contacto quitado	Tensión de batería
18 y Tierra (-)	Contacto quitado	Tensión de batería
15 y Tierra (-)	Contacto dado	Tensión de batería

- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Desenchufe el conector del módulo de control ABS.
- Compruebe la tensión entre los terminales del conector del mazo de cables y Tierra (-).
- Poner la llave en posición ON (dé el contacto).
- Compruebe la tensión entre el terminal del conector del mazo de cables y Tierra (-).
- Si la tensión es distinta a la especificada: compruebe el cableado y los fusibles.

Tabla XX Comprobación de la conexión a Tierra(-)

Datos técnicos	
Terminales	Resistencia
16 y Tierra (-)	Cero
19 y Tierra (-)	Cero

- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Desenchufe el conector del módulo de control ABS.
- Compruebe la resistencia entre las terminales del conector del mazo de cables y Tierra (-).
- Si la resistencia es distinta a la especificada: compruebe el cableado.

Especificaciones de donde se encuentran los componentes del sistema ABS

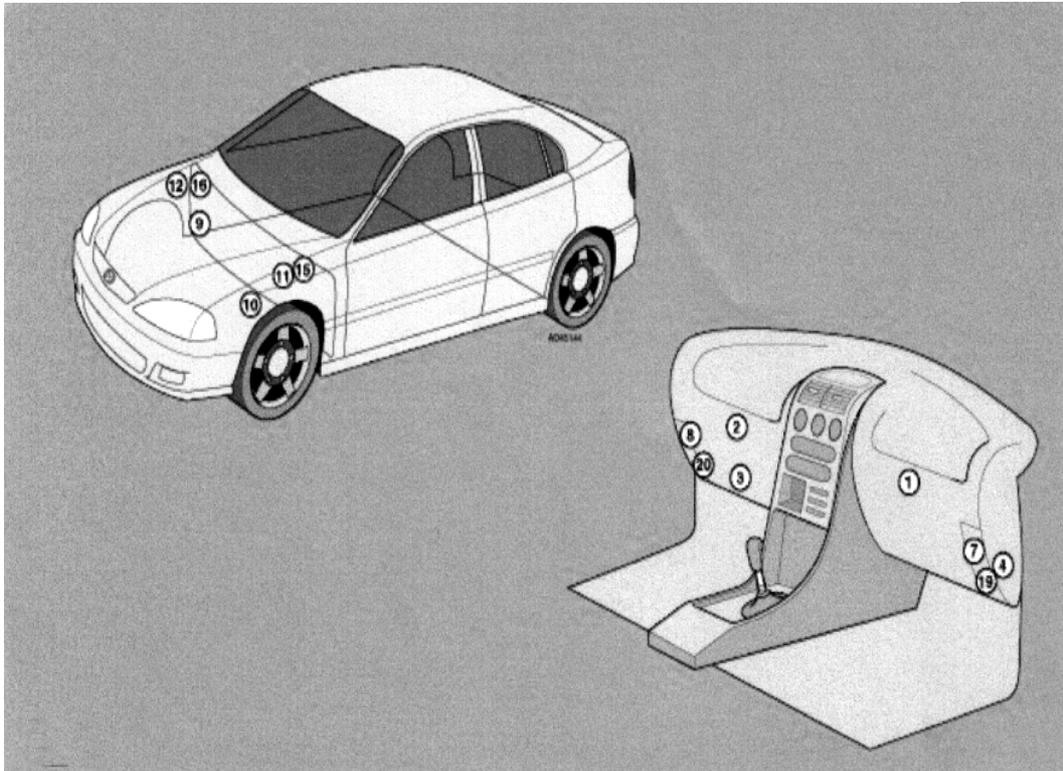
- 9 – Modulador Hidráulico ABS.
- 12 – Fusible del modulador hidráulico.
- 16 – Fusible del motor de bomba

Tablero:

- 8 – Fusible
- 2 – Interruptor de pedal de freno.
- 3 – Conector de transmisión de datos.
- 20 – Fusible de testigo.

(Otros números son para los vehículos que poseen el volante del lado derecho).

Figura 43 Ubicación de los diferentes componentes ABS en HONDA CIVIC



11.3 Marca: CHEVROLET

País de origen: Estados Unidos de América

Código de motor: Y16SE

Modelo: 2000

Motor: 2.6

Estilo: Omega

Sistema de frenos ABS: BOSCH 5.3/TCS (Total Control System)

Frecuencia de destellos correcto ABS

- Poner la llave en posición ON (dé el contacto).
- El testigo se ilumina.
- El testigo se apaga al cabo de tres segundos.

Comprobación

- Poner la llave en posición ON (dé el contacto).
- Compruebe que se ilumina el testigo.
- Si no es así: quite el contacto.
- Desenchufe el conector del módulo de control ABS.
- Compruebe que se ilumina el testigo.

Condiciones previas

- Compruebe si existe juego excesivo en la rueda. Ajústelo o sustituya, según sea necesario.
- Compruebe la seguridad del mecanismo de los sensores de velocidad.
- Examine visualmente los anillos del sensor de velocidad de la rueda para ver si están limpios o si tienen daños.

Comprobación

- Los entrehierros del sensor de velocidad no son ajustables.
- Si se quita o sustituye: apriete con un par torsor de 8Nm.

Tabla XXI Comprobación de la resistencia –delantera y trasera-

Datos técnicos		
Terminales	Estado	Resistencia
6 y 7	Izquierda	500-3000Ω
4 y 5	Derecha	500-3000Ω

Solo que en la parte trasera las terminales son: 8 y 9, 1 y 2.

- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Desenchufe el módulo de control ABS.
- Compruebe la resistencia entre los terminales del conector de mazo de cables.

Si la resistencia es distinta a la especificada

- Desenchufe el conector del sensor de velocidad de la rueda correspondiente.
- Compruebe la resistencia entre las terminales del sensor de velocidad de rueda.
- Posiblemente el sensor de velocidad de la rueda este defectuoso.

Tabla XXII Tabla de códigos de avería

Código de avería	Localización de la avería
0035	Sensor de velocidad de la rueda, delantera izquierda
0040	Sensor de velocidad de la rueda, delantera derecha
0045	Sensor de velocidad de la rueda, trasera izquierda
0050	Sensor de velocidad de la rueda, trasera derecha
0060	Electroválvula, salida delantera izquierda
0065	Electroválvula, entrada delantera izquierda
0070	Electroválvula, salida delantera derecha
0075	Electroválvula, entrada delantera derecha
0080	Electroválvula, salida trasera izquierda
0085	Electroválvula, entrada trasera izquierda
0090	Electroválvula, salida trasera derecha
0095	Electroválvula, entrada trasera derecha
0110	Motor de la bomba - tensión de alimentación baja
0121	Relé de la electroválvula - circuito
0141	Válvula solenoide primaria del sistema de control de la tracción - trasera derecha
0146	Electroválvula de conmutación del sistema de control de tracción - trasera derecha
0151	Válvula solenoide primaria del sistema de control de la tracción - trasera izquierda
0156	Electroválvula de conmutación del sistema de control de tracción - trasera izquierda
0161	Interruptor de posición del pedal de freno - circuito abierto
0236	Sensor de régimen del motor - no hay señal
0241	Reducción del par motor - señal incorrecta
0244	Entrada de par del motor - no hay señal
0245	Sensores de velocidad de la rueda - señal incorrecta
0550	Módulo de control ABS - fallo
0551	Módulo de control ABS - no programada
0800	Tensión de alimentación

Tabla XXIII Comprobación de tensión –delantera y trasera-

Datos técnicos		
Terminales	Estado	Tensión
6 y 7	Izquierda	0.1V≈mín
4 y 5	Derecha	0.1V≈mín

Solo que en la parte trasera las terminales son: 8 y 9, 1 y 2.

- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Eleve el vehículo.
- Desenchufe el conector de módulo de control ABS.
- Ajuste el multímetro para medir la corriente alterna.
- Gire la rueda aproximadamente a 60RPM.
- Compruebe la tensión entre las terminales del conector de mazo de cables.

Si la tensión es distinta a la especificada

- Desenchufe el conector del sensor de velocidad de la rueda correspondiente.
- Gire la rueda aproximadamente a 60RPM.
- Compruebe la tensión entre las terminales del sensor de velocidad de rueda.
- Si la tensión es la especificada: compruebe el cableado.

Tabla XXIV Comprobación de la forma de onda –delantera y trasera-

Datos técnicos		
Terminales	Sensor de velocidad de rueda	Tensión
6 y 7	Izquierda	0.1V≈mín
4 y 5	Derecha	0.1V≈mín

Solo que en la parte trasera las terminales son: 8 y 9, 1 y 2.

-Asegúrese que no este dado el contacto.

-Eleve el vehículo.

-Desenchufe el módulo de control ABS.

-Conecte el osciloscopio entre las terminales del conector de mazo de cables.

-Gire la rueda aproximadamente a 60RPM.

-Compruebe la forma de onda y la tensión del sensor de velocidad de rueda.

Si la forma de onda y la tensión no coinciden con lo especificado según fabricante

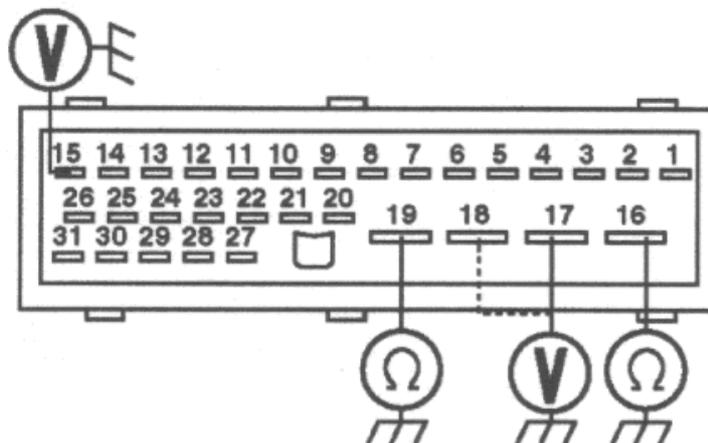
-Compruebe el cableado.

-Posiblemente el sensor de rueda este defectuoso.

-Repita la prueba para otro sensor de velocidad de rueda.

Comprobación de la tensión ABS5.3/TCS (Figura 44)

Figura 44



Fuente: Autotronik

Tabla XXV Datos técnicos sobre terminales en relación a su estado y tensión

Datos técnicos		
Terminales	Estado	Tensión
17 y Tierra (-)	Contacto quitado	Tensión de batería
18 y Tierra (-)	Contacto quitado	Tensión de batería
15 y Tierra (-)	Contacto dado	Tensión de batería

- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Desenchufe el conector del módulo de control ABS.
- Compruebe la tensión entre los terminales del conector del mazo de cables y Tierra (-).

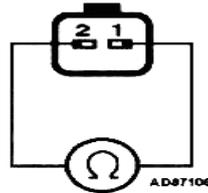
Tabla XXVI Comprobación de la conexión a masa

Datos técnicos	
Terminales	Resistencia
16 y Tierra (-)	Cero
19 y Tierra (-)	Cero

- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Desenchufe el conector del módulo de control ABS.
- Compruebe la tensión entre las terminales del conector de mazo de cables y Tierra (-).
- Si la resistencia es distinta a la especificada: compruebe el cableado.

**Comprobación de la resistencia del motor de bomba ABS5.3/TCS
(Figura 45)**

Figura 45



Fuente: Autotronic

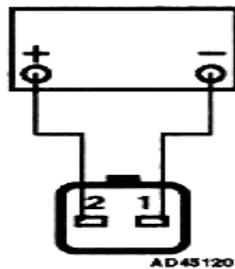
Tabla XXVIa

Datos técnicos	
Terminales	Resistencia
1 y 2	0.1-1Ω

- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Desenchufe el motor de la bomba.
- Compruebe la resistencia entre los terminales del motor de la bomba.

Comprobación de funcionamiento del motor de bomba ABS5.3/TCS (Figura46)

Figura 46



Fuente: Autotronik

- No deje la bomba funcionar por más de 2 ó 3 segundos.
- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Desenchufe el conector del motor de bomba ABS.
- Conecte 12 voltios (+) de la batería al terminal 2.
- Conecte 12 voltios (-) de la batería al terminal 1.
- El motor de la bomba ABS debe funcionar.

Purga

El fabricante recomienda el uso de un equipo de purga presurizado. Si no se dispone de uno, se debe utilizar el siguiente procedimiento de precaución.

- Asegúrese que no este dado el contacto.
- Compruebe que el líquido del depósito llega a la marca de máximo.
- Purgue como sigue: trasera derecha, trasera izquierda, delantera derecha y delantera izquierda.

- Conecte un tubo al tornillo de purga y sumerja su extremo en un recipiente con líquido de frenos limpio.
- Pise el pedal de freno a fondo dos o tres veces.
- Abra el tornillo de purga.
- Pise el pedal de freno hasta el fondo.
- Cierre el tornillo de purga (Par torsor de apriete 6N-m).
- Suelte el pedal de freno.
- Repita el proceso hasta que el líquido salga libre de aire.
- Durante el procedimiento de purga, mantenga el nivel del líquido en el depósito.
- Llene el depósito hasta la marca de máximo.
- Si hay adaptada una válvula de control de carga, acciónela para el paso del líquido.

Especificaciones de donde se encuentran los componentes del sistema ABS

- 8 – Fusible (Caja de fusibles, debajo de capó).
- 9 – Modulador hidráulico ABS

Tablero

- 4 – Conector de transmisión de datos.
- 2 – Interruptor de posición de pedal de freno.
- 7 – Fusibles.

Figura 47 Ubicación de los diferentes componentes ABS en CHEVROLET OMEGA

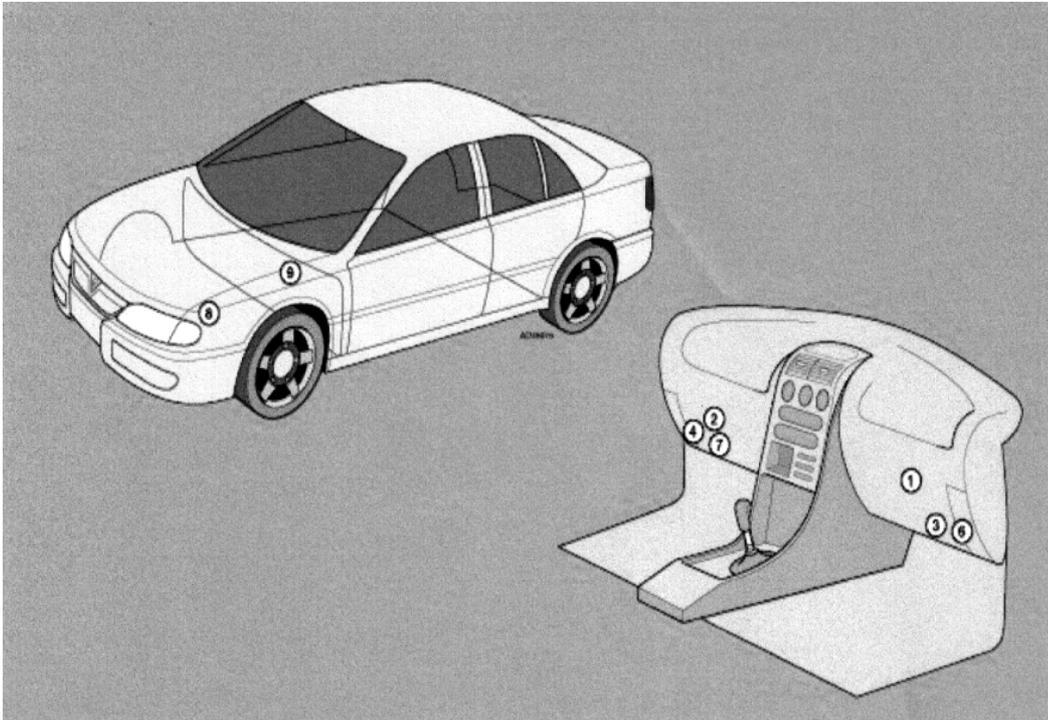


Tabla XXVII Comprobación de la resistencia de los diferentes tipos de frenos ABS BOSCH

Sistemas de frenos ABS "BOSCH"			
Sensor de rueda	ABS 5.0/TCS	ABS 5.3	ABS 5.3/TCS
Delantero Izquierdo	2500-4500Ω	600-950Ω	500-3000Ω
Delantero Derecho	2500-4500Ω	600-950Ω	500-3000Ω
Trasero Izquierdo	2500-4500Ω	700-100Ω	500-3000Ω
Trasero Derecho	2500-4500Ω	700-100Ω	500-3000Ω

Tabla XXVIII Comprobación de la tensión de los diferentes tipos de frenos ABS BOSCH

Sistemas de frenos ABS "BOSCH"			
Sensor de rueda	ABS 5.0/TCS	ABS 5.3	ABS 5.3/TCS
Delantero Izquierdo	0.5 ó 2.5V Aprox(conmutación)	53mV≈mín	0.1V≈mín
Delantero Derecho	0.5 ó 2.5V Aprox(conmutación)	53mV≈mín	0.1V≈mín
Trasero Izquierdo	0.5 ó 2.5V Aprox(conmutación)	53mV≈mín	0.1V≈mín
Trasero Derecho	0.5 ó 2.5V Aprox(conmutación)	53mV≈mín	0.1V≈mín

Tabla XXIX Comprobación de forma de onda de los diferentes tipos de frenos ABS BOSCH

Sistemas de frenos ABS "BOSCH"			
Sensor de rueda	ABS 5.0/TCS	ABS 5.3	ABS 5.3/TCS
Delantero Izquierdo	0.5 ó 2.5V Aprox(conmutación)	0.15V≈mín	0.1V≈mín
Delantero Derecho	0.5 ó 2.5V Aprox(conmutación)	0.15V≈mín	0.1V≈mín
Trasero Izquierdo	0.5 ó 2.5V Aprox(conmutación)	0.15V≈mín	0.1V≈mín
Trasero Derecho	0.5 ó 2.5V Aprox(conmutación)	0.15V≈mín	0.1V≈mín

Tabla XXX Tiempo de destello del testigo en el proceso de poner la llave en on

Sistemas de frenos ABS "BOSCH"			
	ABS 5.0/TCS	ABS 5.3	ABS 5.3/TCS
Tiempo en segundos	2	3	3

Tabla XXXI Comprobación de par torsor entrehierros de los diferentes tipos de frenos ABS BOSCH

Sistemas de frenos ABS "BOSCH"		
ABS 5.0/TCS	ABS 5.3	ABS 5.3/TCS
6-8Nm	10Nm	8Nm

12 EQUIPO ESPECIAL PARA TRABAJAR EL SISTEMA DE FRENOS ABS

12.1 Manual indicado por el fabricante

Guía que nos es muy eficaz a la hora de trabajar con el sistema de frenos ABS, se considera como equipo, debido a que las diferentes marcas de automóviles poseen diferentes tipos de sistema de ABS, por ende nos es muy útil y tendría que ser el primer instrumento a recurrir a la hora de trabajar dicho equipo.

12.2 Osciloscopio

Instrumento electrónico que registra los cambios de tensión producidos en circuitos eléctricos y electrónicos y los muestra en forma gráfica en la pantalla de un tubo de rayos catódicos. Los osciloscopios se utilizan en la localización de fallas en el sistema ABS debido a que este debe cumplir con una curva señalada por el fabricante de no ser así podremos ver que la curva de es congruente y por ende comenzar en la verificación de los circuitos eléctricos para la solución del problema del sistema ABS, debido a que el osciloscopio es capaz de detectar variaciones de millonésimas de segundo.

12.3 Multímetro

El dispositivo destinado a medir corriente se denomina amperímetro, el destinado a medir voltaje se denomina voltímetro y el destinado a medir resistencia eléctrica se denomina ohmetro. La combinación de estos en un solo aparato se llama multímetro, por eso es conocido también como VOM (voltios, ohmios, miliamperios). Hay dos tipos de multímetros, los analógicos y los digitales. Donde ambos nos pueden servir para detectar anomalías en el sistema ABS, debido a que los tipos de ABS trabajan con diferentes rangos de voltaje, amperaje y resistencia, los cuales podemos saber con exactitud a la hora de consultar un manual.

Sabremos que el equipo no opera bien a la hora que estos varíen con respecto a lo que describe el manual.

12.4 Escáner

Este instrumento hace que la computadora del vehículo opere pruebas especiales para verificar varias partes del sistema. El escáner esta vinculado directamente al cableado del motor el cual conecta directamente a dos circuitos de computadora del motor. Su función en pocas palabras es interrogar a la computadora de donde esta la falla y hacérselo saber a nosotros por códigos o directamente leyéndolo en su pantalla.

Con respecto al sistema de ABS, el escáner nos indicará que hay una anomalía en este sistema, donde algunos escáners van más allá indicando cual puede ser la anomalía y como repararla, de no ser así tendremos que

recurrir a un manual de dicho vehículo y hacerle pruebas a los diferentes dispositivos que componen el sistema de frenos ABS.

12.5 Torquímetro

Es de uso especial debido a que cada elemento a enroscar del sistema ABS debe de cumplir con el par torsor que indique el manual o el fabricante, para que no quede muy apretado o muy poco. Se debe respetar el par torsor indicado debido a que podrían suceder dos situaciones, que quede flojo y provoque fugas o que se apriete mucho y arruinemos el elemento y el elemento circundante.

12.6 Manómetro

Es de suma utilidad cuando en el sistema ABS tengamos la opción de purgado por presión pero sin ningún equipo de purga, debido a que cada sistema trabaja con una presión determinada, la cual lo dicta el presostato del sistema respectivo, donde sabremos de que rango a que rango de presiones debemos de trabajar, y es ahí donde tendremos que utilizar un manómetro conectado a algún punto de la tubería de frenos ABS.

12.7 Equipo eléctrico de purga de aire de sistema de frenos ABS

Como su nombre lo dice es un equipo para la purga de aire de accionamiento eléctrico. Debido a sus accesorios es posible llenar, limpiar y purgar todos los sistemas de embrague y de frenos hidráulicos entre estos últimos sistemas ABS, EDS y ESP. La presión de trabajo se ajusta desde el regulador de presión de éste que contiene su respectivo manómetro.

12.8 Equipo de purga para sistema de frenos ABS con accionamiento neumático

Realiza la misma función de purga de aire de los sistemas de frenos, pero este lo hace con la ayuda de la neumática. Asimismo es posible llevar a cabo con mayor facilidad un control de la estanqueidad a baja presión del sistema de frenos ABS, EDS y ESP. Funciona basándose en el sistema de separación de medios, es decir; se separa el líquido de frenos del aire comprimido mediante una membrana, de modo que jamás puede penetrar aire en el sistema de frenos.

Purga manual

En este caso es de suma importancia que el manual que el fabricante recomienda nos deje esta opción, debido a que tenemos que seguir los pasos que este dicte. Porque cada sistema de frenos ABS tiene diferente manera de trabajar su respectiva purga, donde algunos usan el orden de purga en forma de X (llanta trasera derecha, llanta delantera izquierda, llanta trasera izquierda y llanta delantera derecha), mientras que otros usan el

orden de purga en forma de Z (llanta trasera derecha, llanta trasera izquierda, llanta delantera izquierda, llanta delantera derecha). Y algunos detallan hasta cuan sensible debe quedar el pedal de freno.

CONCLUSIONES

1. Tenemos que acudir a una guía donde nos especifique el tipo de sistema ABS que estemos trabajando, debido a que cada sistema dependiendo de los principios con que se construyó tienen diferentes tipos de funcionamiento y además diferentes parámetros en los cuales puede variar.
2. Se necesita conocer sobre los principios de funcionamiento de cada parte que compone el sistema de frenos ABS, debido a que con esta información podremos anticipar como funciona el sistema en conjunto.
3. Se debe tener en cuenta el equipo para trabajar el sistema de frenos ABS, debido que con la ayuda de este podremos comenzar las reparaciones respectivas, por supuesto siempre con la ayuda del instructivo propuesto por el fabricante.
4. El sistema ABS nace de un sistema convencional de frenos, donde podemos afirmar que con algunas modificaciones se puede transformar éste último en un sistema de frenos ABS tan complejo como los más recientes.

RECOMENDACIONES

1. Siempre usar el manual indicado por el fabricante del vehículo.
2. Usar líquido de frenos de buena calidad (o sea que cumpla con normas), no usar líquido DOT5 debido a su contenido de silicone.
3. Hacer un purgado manual siempre y cuando el fabricante lo especifique, de no ser así el purgado no puede ser de este tipo, teniendo que ser realizado con equipo especial.
4. Tener en cuenta las holguras, aprietes, presión del líquido de frenos, entre otros aspectos que indica el fabricante con respecto a servicios y cambios de piezas.
5. Respetar las rutinas de mantenimiento que indique el fabricante para que el problema no se intensifique.
6. Un sistema de frenos ABS no trabajará bien si a la hora de una frenada brusca se bombea el pedal de freno.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Delco, Moraine ABS IV. **Manual de servicio ABSJ1995**. México: Editorial Electronic Printing Services S.A. de C.V., 1995. 1-12, 190-207 Págs.
2. Ing. Becker, Ing. J. Plattle, Ing. P. Sowa. **Instalaciones de frenos para automóviles (con ABS)**. México: Editorial grupo Bosch, 1995. 9-28 Págs.

BIBLIOGRAFÍA

1. Delco, Moraine ABS IV. **Manual de servicio ABSJ1995**. México: Editorial Electronic Printing Services S.A. de C.V., 1995. 235pp.
2. OTC. **Tools and Techniques, anti-lock brake system service**. EEUU: Editorial OTC Division, Mitchell International, 1992. 304pp.
3. Ing. Becker, Ing. J. Plattle, Ing. P. Sowa. **Instalaciones de frenos para automóviles (con ABS)**. México: Editorial grupo Bosch, 1995. 95pp.
4. **Autodata (programa de computación sobre manuales de servicios)**. EEUU. 2004, Versión 5.373.
5. Bosch. **Electronic Service Information (ESI)Tronic (Programa de computación sobre manuales de servicios)**. EEUU. 2004
6. Océano. **Diccionario de la lengua española**. España: Editorial Grupo Océano S.A. 2004.792pp.

